

L'ESSENTIEL Cerveau & Psycho

Donner l'envie d'apprendre

Des élèves motivés

- Travailler avec plaisir
- Être attentif
- Corriger ses erreurs

Stimuler le cerveau

- La motivation
- L'autonomie
- La mémoire

Les troubles à l'école

- Le manque de sommeil
- La dyslexie
- La rébellion



L'ESSENTIEL
AOÛT - OCTOBRE 2012

M 03690 - 11 - F: 6,95 € - RD



1972 • 2012
les PUG ont **40** ans !

Édition limitée
spéciale anniversaire

Préface de Boris Cyrulnik

PETIT TRAITÉ



de manipulation
À L'USAGE DES
HONNÊTES GENS

Robert-Vincent Joule • Jean-Léon Beauvois

300 000 EXEMPLAIRES VENDUS
NOUVELLE ÉDITION AUGMENTÉE • SÉRIE LIMITÉE

ISBN 978-2-7061-1736-7 — 24 €



Presses universitaires de Grenoble
5, place Robert-Schuman - BP 1549
38025 Grenoble CEDEX 1
Tel. 04 76 29 43 09 / Fax. 04 76 44 64 31
pug@pug.fr / www.pug.fr

« Comment amène-t-on autrui
à faire ce qu'on voudrait le voir
faire ? La solution se trouve dans
cette introduction aux techniques
de la manipulation... »

Le Monde

« La manipulation est observée
sous tous les angles scientifiques,
puis disséquée dans toutes
ses utilisations pratiques...
Tonique en tous cas. »

Challenges

CADEAU !

TÉLÉCHARGEZ VOTRE

MINI TRAITÉ

SUR PUG.FR



En
librairie

L'ESSENTIEL Cerveau & Psycho

www.cerveauetpsycho.fr

Pour la Science
8 rue Férou, 75278 Paris cedex 06
Standard : Tel. 01 55 42 84 00

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Cerveau & Psycho

Rédacteur : Sébastien Bohler

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,

Philippe Ribeau-Gesippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette :

Annie Tacquenot, Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault,

Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gesippe, assisté de Yoan Bassinet

Marketing : Élise Abib

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro : Bettina Debü,

Hans Geisemann, Mélanie Jucla.

Publicité France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja

Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97

Télécopieur : 01 43 25 18 29

Service abonnements

Ginette Bouffaré : Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Adresse postale :

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de magazines ou de livres :

0805 655 255 (numéro vert)

Diffusion de Cerveau & Psycho :

Contact kiosques : À juste titres ; Benjamin Boutonnet

Tél. : 04 88 15 12 41

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal, Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

Toutes les demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue « Cerveau & Psycho », doivent être adressées par écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. Certains articles de ce numéro sont publiés en accord avec la revue Spektrum der Wissenschaft (© Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, mbH-D-69126, Heidelberg). En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).

Éditorial

Françoise PÉTRY

Indispensable curiosité

« On se lasse de tout, excepté d'apprendre. »
Virgile

Cette phrase du poète latin Virgile traduit le plaisir d'apprendre que manifestent notamment les enfants. À l'image de l'Enfant d'éléphant des *Histoires comme ça* de Rudyard Kipling (1865-1936), les petits sont naturellement d'une « insatiable curiosité ». Mais également à l'instar des proches du héros de cette nouvelle, les adultes sont parfois sourds à ces questions. Quand les réponses qu'obtiennent les enfants ne les satisfont pas, quand ils ne les comprennent pas, quand ils n'osent plus en poser, leur curiosité naturelle s'émousse.

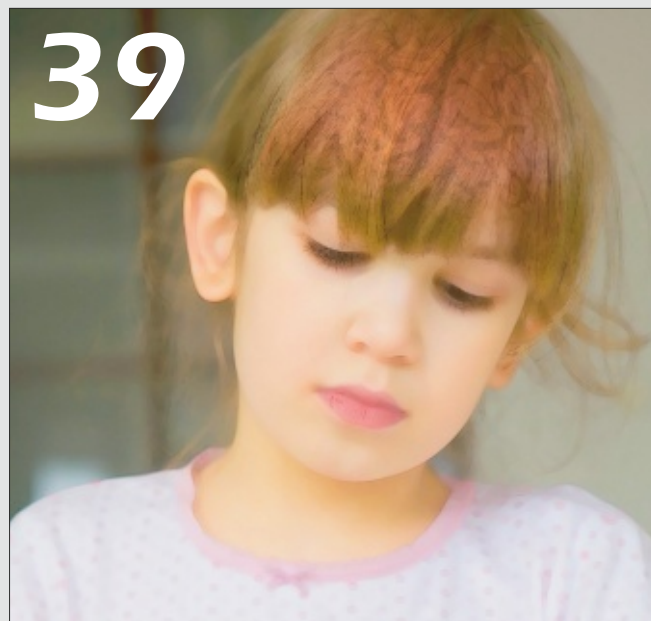
Aux enseignants et aux parents de comprendre alors comment les motiver pour qu'ils reprennent confiance en eux et laissent à nouveau leur curiosité s'exprimer. Et c'est là que les spécialistes des sciences du cerveau notamment peuvent apporter leurs connaissances sur la façon dont les élèves apprennent, sur leurs motivations, leurs erreurs de raisonnement, mais aussi leurs difficultés, telles que l'inattention ou la dyslexie. Ces diverses connaissances peuvent aider les enfants, y compris ceux qui se rebellent ou se résignent, à retrouver le plaisir d'apprendre. Dans sa lettre aux instituteurs rédigée en 1883, le ministre de l'Instruction publique Jules Ferry qualifiait la tâche des maîtres « d'une très grande importance – extrêmement simple, mais extrêmement difficile ».

L'envie de comprendre devient alors une seconde nature. On s'interroge sur chaque expérience de la vie, sur le monde environnant, sur les personnes rencontrées, sur soi. Et plus on se pose de questions (ou plus on en pose aux personnes compétentes), plus on mesure son ignorance, ce qui renforce sa curiosité intellectuelle et son désir de comprendre. Et, pour paraphraser Virgile, sans doute faudrait-il dire : « On se lasse de tout, excepté de comprendre. » Mais pour le poète, les deux étaient certainement indissociables.



Motiver les élèves à l'école

La motivation, l'attention et l'inhibition sont des moteurs de l'apprentissage. Les psychologues étudient comment les mettre en œuvre.



L'apprentissage dans le cerveau

Les mécanismes cérébraux et cognitifs impliqués dans les apprentissages se révèlent. On découvre comment les renforcer.

Donner l'envie d'apprendre 4
Préface Fabien Fenouillet et Alain Lieury

Motiver les élèves à l'école

La motivation, moteur de l'apprentissage 8
De nombreuses formes de motivations existent : le plaisir d'apprendre, l'estime de soi, les récompenses, l'autonomie, etc.
Fabien Fenouillet et Alain Lieury

Pour une meilleure attention à l'école 14
Des journées plus courtes, des semaines plus longues et moins de congés amélioreraient l'attention des élèves.
Christophe Boujon et Sandrine Poupet

Inhiber son cerveau pour raisonner 22
La correction des erreurs de raisonnement, *via* l'inhibition cérébrale, est un moteur de l'apprentissage.
Olivier Houdé

« Pour » les notes à l'école élémentaire ! 28
Le système de notation est utile à l'école s'il permet d'informer l'élève sur ses performances.
Alain Lieury

Clavier ou stylo : comment apprendre à écrire ? 30
Écrire les lettres favorise leur mémorisation, ainsi que la lecture ; l'usage du clavier ne le permet pas.
Jean-Luc Velay et Marieke Longcamp

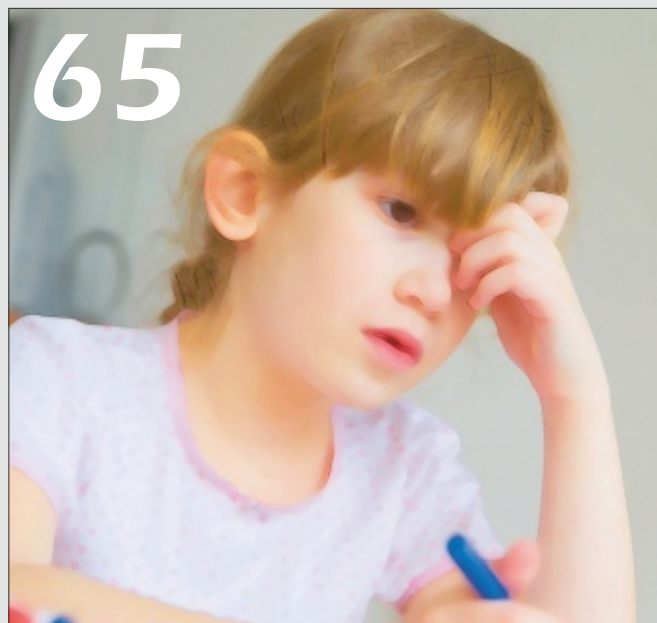
Comment enseigner la lecture ? 36
Il faut associer les méthodes de lecture globale et syllabique pour que les élèves apprennent à lire correctement.
Alain Lieury

L'apprentissage dans le cerveau

Les neurosciences inspirent l'enseignement 40
Six capacités cérébrales favorisent les apprentissages. Les enseignants devraient les prendre en compte.
Daniel Favre

L'apprentissage modifie le cerveau 48
Les neurones se connectent davantage et leurs « câbles de communication » se renforcent quand on apprend.
Jan Scholtz et Miriam Klein

Un système cérébral de la motivation ? 54
Les neuroscientifiques identifient les systèmes cérébraux mis en jeu dans différentes formes de motivation.
Mathias Pessiglione



Elena Rostunova / Shutterstock.com

L'ESSENTIEL

Cerveau & Psycho

n° 11 - Trimestriel août - octobre 2012

Donner l'envie d'apprendre

Les troubles de l'apprentissage

Élève démotivé, inattentif, rebelle, agité...
Plusieurs facteurs perturbent les apprentissages.
Des solutions efficaces existent.

En couverture : Artur Gabrysiak / Shutterstock.com - Cerveau & Psycho

Apprendre par cœur ou comprendre ? 60

Il faut valoriser l'apprentissage par cœur, mais il est indispensable de comprendre ce que l'on apprend.
Alain Lieury

Les troubles de l'apprentissage

Les racines de la démotivation 66

Un enfant peut être démotivé ou rebelle. Les motivations « négatives » doivent être prises en compte à l'école.
Alain Lieury et Fabien Fenouillet

La maladie de l'inattention 70

Difficultés de concentration, impulsivité, agitation motrice : les troubles de l'attention touchent un enfant sur 20.
Vania Herbillon

Des problèmes de calcul et de lecture 76

Les mécanismes neurobiologiques impliqués dans les difficultés de lecture et de calcul se dévoilent.
Yves Chaix et Jean-François Demonet

Dormir pour mieux apprendre 84

La mémorisation à long terme d'informations pertinentes est meilleure après une bonne nuit de sommeil.
Géraldine Rauchs

Comment gérer les classes difficiles ? 88

Des élèves perturbateurs ou agités transforment parfois une classe en chaos. Mais l'enseignant peut intervenir !
Jean-Claude Richoz

Art et neurosciences La leçon de lecture 94

La leçon (1906) de Pierre-Auguste Renoir analysée par un neurobiologiste.
François Sellal

Test Êtes-vous motivé ? 96

Un test simplifié qui vous permettra d'évaluer la motivation de votre enfant à l'école.

Ce numéro comporte un encart d'abonnement Cerveau & Psycho broché en p. 32 de la totalité du tirage et une offre d'abonnement en p. 21.

Rendez-vous sur le site de Cerveau & Psycho
cerveauetpsycho.fr

Donner l'envie d'apprendre

L'« envie » nous pousse à apprendre et à agir.
C'est une autre façon de nommer la motivation, qui permet
notamment aux élèves de réussir leur « métier » : acquérir
des connaissances pour s'épanouir.

Fabien Fenouillet

est professeur
de psychologie
cognitive
et coresponsable
du master 2
de Psychologie
cognitive appliquée
à l'Université Paris-
Ouest-Nanterre-
La Défense.

Alain Lieury

est professeur
émérite
de psychologie
cognitive
de l'Université
Rennes 2,
et ancien directeur
du Laboratoire
de psychologie
expérimentale.

La motivation permet d'expliquer le « dynamisme » du comportement, ce que l'on nomme communément « l'envie ». Mais l'envie n'est qu'une des multiples formes de la motivation. Étymologiquement, le terme *motivation* vient du verbe latin *moveo* qui signifie *mouvoir*, *bouger*. Depuis quelques dizaines d'années, les chercheurs en psychologie tentent de comprendre ce dynamisme, c'est-à-dire ce qui motive l'homme à agir et l'enfant à apprendre. À la fin du XIX^e siècle, les scientifiques cherchaient à comprendre l'instinct plus que la motivation, mais ce terme est aujourd'hui tombé en désuétude quand il s'agit de motivation humaine ; il est réservé à l'étude du comportement animal. Toutefois, il persiste dans quelques expressions, par exemple l'instinct maternel (la motivation d'une mère à s'occuper de son enfant).

Pour parler de motivation, on emploie souvent, outre l'instinct, des termes tels que besoin, curiosité, envie, intérêt ou encore plaisir. Il est équivalent de dire qu'un élève est motivé pour apprendre ou que ce qu'il apprend l'intéresse, mais dans ce second cas, on comprend mieux pourquoi il apprend. Un élève intéressé, et donc motivé, est-il plus performant dans ses apprentissages qu'un élève qui ne l'est pas ? Pas nécessairement, car la motivation n'est pas le seul déterminant de la réussite scolaire, et l'intérêt est parfois temporaire. En 1992, Ulrich Schiefele, de l'Université de Postdam en Allemagne, a proposé le concept d'intérêt « situationnel », qui se manifeste seulement dans le contexte où il émerge, par exemple dans

des situations ludiques ou d'apprentissage en groupes. Quand le contexte change, l'intérêt et donc la motivation disparaissent...

Pour comprendre les effets de la motivation, il faut en démêler les causes et d'abord définir précisément le phénomène. C'est ce à quoi travaillent les chercheurs qui étudient non pas la motivation, mais les motivations, qu'elles soient positives ou négatives, tel le découragement. Pourquoi un enfant motivé perd-il cet élan et cette soif d'apprendre qui caractérisent les petits ? Comment redonner l'envie d'apprendre à ceux qui l'ont perdue ? Comment éviter que des enfants ne se rebellent contre le système et ne se mettent en marge de l'école, et très vite de la société ? En étudiant précisément les différentes facettes des phénomènes « motivationnels ».

Un phénomène aux nombreuses facettes

La motivation peut être étudiée comme phénomène global, mais aussi en tant qu'ensemble de manifestations – par exemple le but à atteindre et l'intérêt – qui caractérisent des aspects possibles du dynamisme du comportement. Il est impossible de dissocier la motivation des motifs, lesquels peuvent être liés à l'intérêt pour l'activité, à l'estime de soi, aux buts à atteindre, aux besoins, etc.

Cependant, avoir un motif pour agir ne suffit pas. De nombreuses théories soulignent que pour qu'une personne soit motivée, elle doit non seulement anticiper positivement ce

qui peut se produire, mais aussi estimer si ses actes ont des chances de produire l'effet recherché. Cette « vision de l'avenir » accompagnant la motivation n'apparaît pas clairement pour certains motifs, tel le besoin de se nourrir ou l'instinct maternel, mais pour d'autres, il est plus facile de montrer que l'anticipation du résultat influe beaucoup sur le dynamisme du comportement. Ainsi, dans le cadre de l'apprentissage scolaire ou universitaire, la croyance que nourrit l'élève sur sa capacité à maîtriser certaines matières est un meilleur indicateur de sa performance aux examens que le motif de son action, par exemple devenir avocat.

D'autres stratégies sont à prendre en compte si l'on veut avoir une vision complète de la motivation. C'est, par exemple, le cas de la procrastination, c'est-à-dire le fait de toujours remettre au lendemain ses décisions ou actions. Cela suggère que la prise de décision implique des mécanismes motivationnels complexes. Et pour se motiver encore plus, une fois la décision prise, certaines personnes envisagent le pire en espérant secrètement obtenir le meilleur, par exemple lors d'examens importants. Cette stratégie, nommée pessimisme défensif, utilise l'anxiété d'un possible échec comme moteur de l'action : elle est souvent mise en place par les meilleurs élèves et doit être considérée comme une stratégie de réussite et non d'échec.

Pour que la motivation perdure...

Ces exemples montrent que pour comprendre ce qu'est la motivation, il ne suffit pas de répertorier les différents motifs de l'action, tel le plaisir d'agir. Qui plus est, la motivation évolue au fil du temps et il faut en tenir compte pour comprendre le dynamisme du comportement humain. Ainsi, dans les apprentissages scolaires, la motivation a un effet sur les performances à condition de persister au-delà d'un simple effort ponctuel... Et ce sont alors les théories dites de la volition qui prennent le relais des théories de la motivation en cherchant à mettre au jour les mécanismes mis en place pour atteindre un objectif à long terme.



Dès lors, la motivation est le moteur par excellence de l'apprentissage. Parfois les enfants la perdent, avec le risque de se sentir exclus ou, au contraire, de devenir des enfants rebelles qui perturbent les classes.

Ainsi, comme nous allons le voir dans ce dossier, les recherches sur la motivation permettent, par exemple, d'expliquer que l'anxiété de l'élève découragé qui se trouve en situation d'échec n'est pas la même que celle de l'individu qui envisage le pire pour obtenir le meilleur. Dans le premier cas, on peut entrevoir des solutions pour sortir l'élève de la spirale infernale dans laquelle il s'est engagé : l'enseignant peut par exemple diminuer sa charge de travail. Dans le second cas, l'enseignant doit ajuster son comportement ; s'il rassure cet élève qui utilise le pessimisme défensif pour se motiver, ce dernier réussira... moins bien.

Tous ces aspects, et d'autres telle l'attention, évoqués dans ce numéro, permettront aux parents, aux enseignants et aux élèves de comprendre comment faire pour que la motivation perdure au fil des années d'études. ■

Quand apprendre
est un jeu, les résultats
obtenus sont toujours
meilleurs.

Bibliographie

F. Fenouillet,
*Les théories
de la motivation,*
Dunod, août 2012.

**L. Cosnefroy
et F. Fenouillet,**
*Motivation
et apprentissages
scolaires,* in P., Carré
& F., Fenouillet (Ed.),
*Traité de psychologie
de la motivation,*
Dunod, 2009.

**A. Lieury
et F. Fenouillet,**
*Motivation et Réussite
scolaire,* Dunod, 2006.

Actuellement
en kiosque

L'argent : un obstacle au bonheur ?

Cerveau & Psycho

La méditation

Pourquoi agit-elle positivement
sur le cerveau et la santé ?

L'écriture en miroir :
fréquente, mais
sans conséquences

Météo et humeur :
un lien fort

D'où vient
notre attachement
aux choses ?



n°52 - Bimestriel juillet-août 2012

96 pages - prix de vente : 6,95 € - Disponible en format classique et pocket

Cerveau & Psycho n° 52

Face au bruit et à une agitation ininterrompue, chacun aspire à retrouver calme et sérénité. La méditation permet d'y parvenir. Elle améliore le bien-être psychique et la santé, ainsi que la concentration et l'attention des enfants.

En plus de ce dossier, retrouvez les incontournables de *Cerveau & Psycho*, par exemple la critique psychologique du film *Les Aventures de Tintin*.

→ Feuilletez les premières pages sur www.cerveauetpsycho.fr

→ Trouvez le kiosque le plus proche sur <http://bit.ly/cerveauetpsycho-en-kiosque>



Elena Rostunova / Shutterstock

Motiver les élèves à l'école

Peut-on favoriser les apprentissages à l'école ?
Doit-on noter les devoirs ou utiliser un ordinateur pour enseigner ?
La motivation, l'attention, l'inhibition des comportements
inadaptés sont des moteurs de l'apprentissage.
Les psychologues étudient comment les mettre en œuvre.

La motivation, moteur de l'apprentissage

Pourquoi un enfant demande-t-il à aller à l'école et à faire ses devoirs ? Le plaisir d'apprendre, l'estime de soi, les récompenses, les sanctions et de nombreuses formes de motivations interviennent.

Fabien Fenouillet

est professeur de psychologie cognitive et coresponsable du master 2 de Psychologie cognitive appliquée à l'Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense.

Alain Lieury

est professeur émérite de psychologie cognitive de l'Université Rennes 2, et ancien directeur du Laboratoire de psychologie expérimentale.

Pourquoi un enfant est-il motivé à habiller ses poupées des heures durant, à jouer tard le soir aux jeux vidéo ou à lire un roman ?

Pourquoi n'a-t-il pas envie d'aller à l'école ou de lire ? Pourquoi certains sont-ils si démotivés qu'ils ne peuvent même pas se lever le matin ? La motivation est l'ensemble des raisons et des facteurs qui influent sur le comportement, la façon d'agir ou de penser. La plupart des situations de la vie quotidienne, à l'école ou à la maison, mettent en œuvre une forme ou une autre de motivation. Les psychologues tentent depuis longtemps d'expliquer le comportement de l'être humain et ce qui le pousse à agir, mais les théories de la motivation sont récentes. Prenons l'exemple de l'apprentissage de l'élève à l'école. Les récompenses et les punitions ne suffisent pas à expliquer pourquoi les enfants adorent l'école (ou la détestent) : le plaisir d'apprendre et d'autres formes de motivation jouent un rôle prépondérant.

Les premières recherches expérimentales sur la motivation sont nées entre les années 1920 et 1950, quand les scientifiques s'intéressaient à l'apprentissage... chez l'animal. On utilisait alors des modèles animaux – le rat et la souris notamment – en pensant qu'ils disposaient des mêmes mécanismes neuronaux et comportementaux que l'homme. Or le rat de labo-

ratoire ne se déplace dans son labyrinthe que s'il est affamé et récompensé ; à l'Université Yale aux États-Unis, Clark Hull a proposé que la motivation est déterminée par le « besoin » (de se nourrir) potentialisé par le « renforcement » (le rat est récompensé) ; c'est la loi du renforcement. Chez l'animal, le renforcement positif ou récompense est par exemple la nourriture dans un labyrinthe. À l'inverse, pour empêcher un pigeon d'agir, on peut, par exemple, éteindre la lumière : c'est un renforcement négatif ou punition.

L'estime de soi

Les parents et les enseignants n'ont pas attendu les chercheurs pour trouver cette loi du renforcement : c'est le principe de la carotte et du bâton. De fait, plusieurs études montrent que les compliments, par exemple « Qu'est-ce que tu lis bien ! », et les réprimandes, « Tu aurais pu t'appliquer, recommence ! », utilisés à l'école fonctionnent selon la loi du renforcement. L'enfant doit travailler (c'est le besoin) et fait ce qu'il peut pour obtenir des récompenses et éviter les punitions (c'est le renforcement). Notons que cette loi est appliquée dans le monde du *marketing* : le vendeur est payé avec un salaire minimum insuffisant (c'est le besoin) et il reçoit une prime ou un bénéfice à chaque vente (c'est le renforcement).



1. De nombreuses théories tentent d'expliquer pourquoi un élève est motivé à l'école... Elles montrent qu'il existe plusieurs types de motivation.

New York, de compétence perçue, et David Nicholls, de l'Université de Manchester au Royaume-Uni, reprend le terme d'ego. Cependant, dans le cadre de l'apprentissage, les scientifiques montrent que si l'estime de soi est importante pour la motivation, elle n'est pas suffisante : croire en ses capacités de réussite est encore plus important, indépendamment de la valeur qu'on accorde à une activité ou à une discipline. D'autres théories ont donc vu le jour.

Le sentiment d'efficacité ou de compétence

Selon le psychologue américain Albert Bandura, la motivation est essentiellement contrôlée par le sentiment d'efficacité personnelle, qui serait en quelque sorte une nuance du besoin d'estime. Ce dernier correspond à la vision globale que l'on a de soi, alors que le sentiment d'efficacité est plus spécifique de certaines compétences dans un domaine particulier. Par exemple, un élève peut avoir une bonne estime de lui-même, car il est choyé par ses parents et qu'il a de nombreux copains ; mais cet enfant peut se sentir faible, voire nul, en espagnol ou en musique. Son sentiment d'efficacité personnelle est alors faible ou nul dans ces matières.

La théorie de Bandura s'exprime en quelques principes. Parce qu'il est capable de se représenter mentalement ses actes, l'individu peut anticiper des satisfactions ou des déceptions issues respectivement de ses réussites ou de ses échecs. Le « ressort »

Toutefois, d'autres études ont mis en évidence des besoins plus « sociocognitifs », notamment le besoin d'estime, qui dérive de ce que Freud nommait le narcissisme ou l'ego. Ce concept a engendré plusieurs travaux autour de l'estime de soi (le self) et plusieurs théories de la motivation utilisent des variations de ce concept : Henry Murray (1893-1988) parle d'estime de soi, Edward Deci et Richard Ryan, de l'Université de Rochester à

En Bref

- Récompenser et sanctionner un élève à l'école est une technique de motivation, dite extrinsèque ; seules les récompenses donnent de bons résultats à court et à long termes.
- Mais les motivations qui peuvent animer un élève sont diverses : la motivation intrinsèque ou plaisir d'apprendre, la motivation extrinsèque contrôlée par différents renforcements, jusqu'à l'absence de motivation (c'est la démotivation).
- Les mécanismes en cause dans les différentes motivations sont surtout le sentiment d'efficacité et le sentiment d'autonomie.

de la motivation consiste à se fixer un objectif supérieur à un standard personnel, de sorte que l'individu augmente son efficacité. L'engagement dans l'action s'explique alors par le renforcement du sentiment d'efficacité. La connaissance des résultats est nécessaire pour déterminer mentalement si l'on a progressé entre son résultat et son niveau initial. Si la progression est assez importante, elle procure un sentiment d'efficacité.

Cette théorie s'applique à de nombreux domaines et explique les diverses « passions » et hobbies qu'on ne peut pas justifier par autant de besoins. Une personne commence une activité par hasard – parce que c'est la mode, ses parents la lui ont imposée ou elle veut imiter un ami. Si elle se sent mentalement satisfaite (c'est le sentiment d'efficacité), elle va se fixer des défis de plus en plus importants : par exemple, l'enfant réalise des constructions de plus en plus compliquées ; l'alpiniste tente d'atteindre des sommets toujours plus élevés ; le collectionneur de timbres, d'insectes, de voitures, recherche toujours la « pièce » unique.

Alors n'agissons-nous que pour obtenir des récompenses, dépasser nos limites, battre des records, et éviter des sanctions ? Non, des études plus récentes ont identifié une autre gamme de motivations. Cette forme de moti-

vation a été découverte chez le singe par le psychologue américain Harry Harlow (1905-1981). Alors que l'on supposait que les singes ne travaillaient que pour obtenir une récompense alimentaire (des bananes par exemple), Harlow a observé avec étonnement qu'ils pouvaient faire des jeux (des puzzles), pendant une longue période, sans aucune récompense, simplement pour le plaisir de l'activité. Il a donc supposé que certains besoins, telles la curiosité et la nécessité de manipuler un objet, correspondent à d'autres motivations, sans renforcement. Il les a nommées les motivations « intrinsèques », car elles viennent de soi. Il est alors nécessaire de réinterpréter la loi du renforcement comme une autre motivation : la motivation « extrinsèque », commandée par des renforcements extérieurs.

Récompensé par le plaisir

E. Deci a confirmé l'existence de la motivation intrinsèque chez l'homme ; dans une première étape, il a proposé à des étudiants de jouer à des puzzles en trois dimensions. La moitié d'entre eux étaient payés à chaque puzzle réussi, l'autre n'obtenait rien. Dans une seconde étape de libre choix où l'on proposait aux étudiants d'autres jeux, des magazines ou les mêmes puzzles, seuls les étudiants non payés continuaient de jouer (voir la figure 3). Ainsi, quand on renforce une activité (par exemple, par une récompense monétaire), la motivation intrinsèque – ici le plaisir de jouer – se transforme en une motivation extrinsèque... L'étudiant ne joue plus pour le plaisir, mais pour obtenir une récompense. Certes, la motivation extrinsèque est efficace, mais elle s'arrête dès que les renforcements disparaissent. Alors qu'en motivation intrinsèque, l'individu agit pour le plaisir que lui procure l'activité et prolonge le jeu. La motivation intrinsèque est la motivation de la persévérance.

Ensuite, E. Deci et R. Ryan, ainsi que d'autres chercheurs, ont montré que toutes sortes de renforcements ou de contraintes engendrent une diminution de la motivation intrinsèque ; c'est par exemple le cas quand l'élève se sent surveillé, quand on impose un temps



Cerveau & Psycho

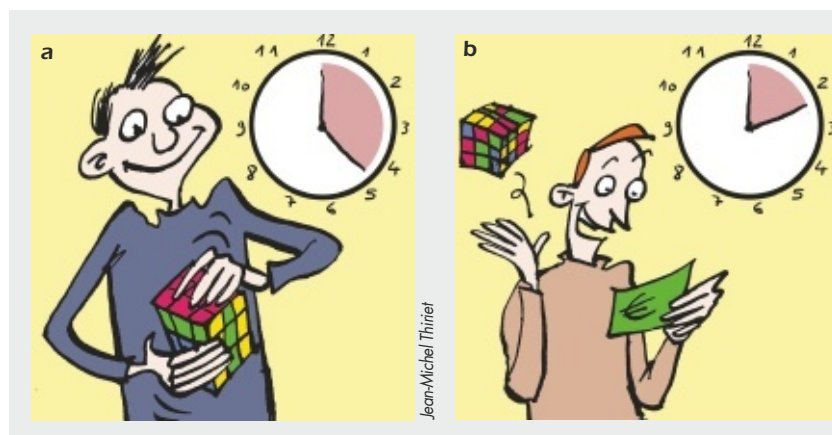
2. L'estime de soi est une valeur sur laquelle repose la motivation. Les réseaux sociaux renforcent l'estime de soi « sociale » : chacun se sent devenir une personnalité importante.

limite de jeu ou d'examen, ou quand un professeur contrôle en permanence le travail et l'attitude de ses élèves.

Que se passe-t-il si la motivation diminue ? L'enfant est-il démotivé ? Il est fréquent d'entendre un parent dire que son enfant n'apprend plus, car il est découragé et résigné. À quoi cela correspond-il ? La démotivation et le découragement peuvent avoir des conséquences dramatiques, en ce qui concerne la

misme, etc.), mais à des situations antérieures où l'individu aurait intégré qu'il n'avait pas prise sur le cours des événements.

Car ce n'est pas le choc électrique (faible dans la première phase de l'expérience) qui crée cette résignation, mais bien le fait de ne pas pouvoir agir. Les scientifiques ont montré que diverses situations engendrent le même état chez l'homme. Les premiers ont été Carol Dweck, professeur de psychologie sociale, et ses collè-



3. Le plaisir de jouer et l'envie d'obtenir une récompense sont deux types de motivation, la seconde pouvant supplanter la première. On propose à des étudiants de jouer à des puzzles en trois dimensions, la moitié d'entre eux recevant de l'argent s'ils réussissent le puzzle. Au début, chaque groupe joue avec plaisir, mais quand on leur laisse le choix, seuls les élèves du premier groupe continuent de jouer (a). Ceux qui ont obtenu leur récompense perdent l'envie de continuer à jouer (b).

réussite scolaire notamment. Les premières expériences mettant en évidence ces facettes de la motivation sont issues des recherches chez l'animal. En 1975, le psychologue américain Martin Seligman travailla avec deux groupes de chiens. Dans la première phase de l'expérience, les chiens du premier groupe pouvaient éviter un faible choc électrique en appuyant sur un bouton, tandis que ceux du second groupe étaient soumis aux mêmes chocs sans pouvoir les éviter. Dans la seconde phase de l'expérience, les deux groupes devaient sauter une barrière pour éviter un choc électrique de forte puissance.

Le découragement

Les chiens n'ayant pas pu éviter les chocs dans la première phase ne réagissaient pas dans la seconde ; ils étaient devenus passifs, résignés. Selon M. Seligman, cette passivité a été apprise durant la première phase où les chiens étaient impuissants. Il a nommé cet état la « résignation apprise ». Ce phénomène est fondamental, car il suggère que, dans de nombreuses situations, le découragement ou la démotivation ne sont pas forcément dus à des facteurs de personnalité (anxiété, manque de dyna-

gues à l'Université Stanford aux États-Unis. Ils ont proposé à des élèves de résoudre des problèmes de réflexion. Quand les expérimentateurs rendaient les parties infaisables (par exemple en créant des erreurs), certains élèves se résignaient et pensaient qu'ils n'étaient pas assez intelligents pour réussir. D'autres situations, à l'école notamment, peuvent créer de la résignation. En 1989, Stéphane Ehrlich et Agnès Florin, à l'Université de Nantes, ont

Le plaisir d'apprendre est
la motivation de la persévérance.

montré que la surcharge de travail en dictée ou en mathématiques (trop de notions à assimiler) décourage les élèves. Et en 1996, nous avons constaté que c'est aussi le cas dans l'apprentissage des cartes de géographie.

Ainsi, il existe trois types de motivations : extrinsèque et intrinsèque qui sont positives, et la résignation (ou démotivation) qui est négative. Pour en tenir compte, E. Deci et R. Ryan ont proposé la théorie de l'autodétermination

(en anglais *Self-determination Theory*), selon laquelle ces trois types de motivations correspondent à divers degrés du sentiment d'autonomie. Quand un individu choisit lui-même son activité, pour le plaisir de la pratiquer, il a un fort sentiment d'autonomie : c'est la motivation intrinsèque. Quand son environnement contrôle plus ou moins ses loisirs, la motivation extrinsèque est à l'œuvre. Enfin, quand cette activité n'a plus de sens pour lui, il est démotivé.

E. Deci et R. Ryan ont précisé leur théorie en distinguant quatre formes de motivation extrinsèque. L'activité d'un individu peut être régulée par des renforcements extérieurs (c'est la régulation externe) ; par exemple, l'élève va à l'école parce qu'il y est contraint par la loi. Ou bien l'élève se plie aux règles sociales : « Je le fais sinon j'aurais honte de moi ; je travaille à l'école pour que mes parents soient fiers de moi. » C'est la régulation intro-

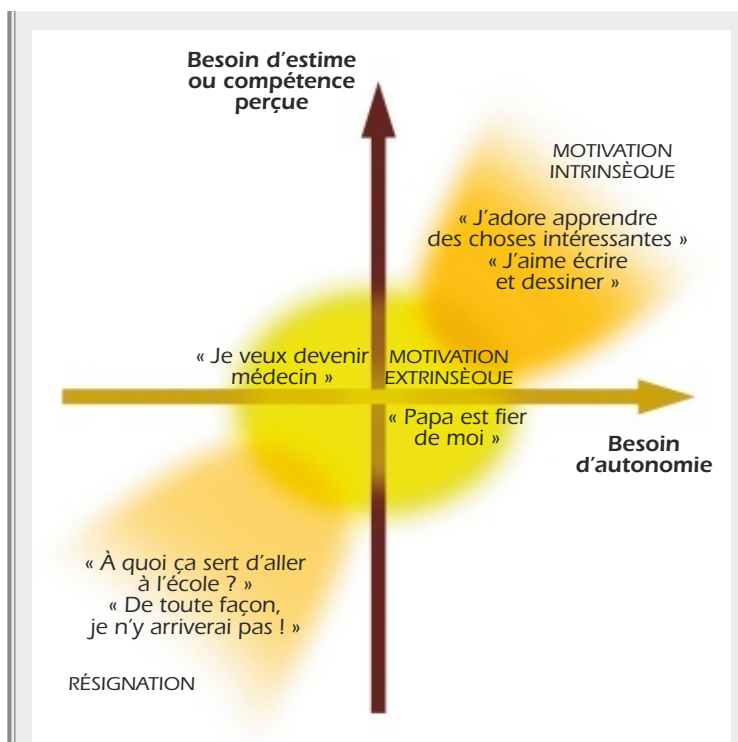
jectée. Dans la troisième forme, nommée régulation identifiée, l'individu considère l'activité comme étant importante pour lui : « J'essaie d'avoir de bonnes notes, car c'est important pour le métier que je voudrais faire plus tard. » Pour la dernière forme de motivation extrinsèque, ou régulation intégrée, l'individu réalise une activité peu intéressante, mais qui est en accord avec ses valeurs. C'est le cas par exemple du tri sélectif que les écologistes s'astreignent à respecter, alors que cela ne présente guère d'intérêt pour eux-mêmes.

Robert Vallerand, de l'Université du Québec à Montréal, a proposé une théorie de la motivation qui s'insère dans cette perspective, mais apporte quelques nuances ; son modèle hiérarchique de la motivation (en anglais *Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation*) s'applique notamment au sport, et précise pourquoi certains athlètes persèverent ou abandonnent. R. Vallerand suppose que trois formes de motivation intrinsèque existent : une motivation orientée vers la connaissance (c'est la découverte), une autre orientée vers l'accomplissement (c'est la satisfaction d'atteindre des objectifs personnels) et une orientée vers la recherche de sensations (c'est l'excitation).

Motivé et persévérant

R. Vallerand et ses collègues ont notamment montré que la persévérance dans une activité dépend de la motivation intrinsèque. En 2001, ils ont évalué, avec des questionnaires, la motivation de plus de 600 joueuses de handball. Ainsi, la perception d'autonomie est plus faible chez les sportives qui souhaitent abandonner que chez les joueuses qui continuent. D'après la théorie de l'autodétermination, les motivations intrinsèques, notamment la découverte et la satisfaction d'atteindre des objectifs, sont plus fortes chez les joueuses persévérantes que chez celles qui veulent abandonner.

Plusieurs études en milieu scolaire (au lycée et à l'université) ont confirmé ce résultat. Par exemple, on a demandé à 1 000 élèves anglophones inscrits dans un cours optionnel de français de répondre à un questionnaire de motivation ; ceux qui se sentaient les moins motivés intrinsèquement dès la première semaine de cours abandonnaient avant la fin du premier semestre, c'est-à-dire plus tôt que les élèves motivés. La motivation intrinsèque favorise la persévérance à l'école.



4. Dans le modèle proposé par les auteurs,

les motivations résultent d'un besoin de compétence et d'un besoin d'autonomie. Quand un individu est compétent dans un domaine qu'il a librement choisi, il « prend du plaisir » et est mû par une motivation intrinsèque. Mais s'il se sent moins compétent ou que la contrainte augmente, il passe en motivation extrinsèque. Dès que l'individu se sent contraint ou incompétent, il est démotivé.

L'essentiel, c'est de penser qu'on est le meilleur : voilà un des moteurs du plaisir à pratiquer une activité ou à apprendre.

Toutefois, nous avons vu que la motivation dépend d'un autre besoin : l'estime de soi, ou selon A. Bandura, le sentiment d'efficacité personnelle. L'être humain doit se sentir compétent, beau, fort, etc. C'est sans doute l'expression de ce besoin qui pousse les enfants à rêver qu'ils sont des superhéros ou des princesses, et les adultes qu'ils passent à la télévision. Les réseaux sociaux, tel *Facebook*, correspondent en grande partie à ce besoin d'estime de soi : on « passe à la télévision » sans avoir découvert un vaccin, un nouveau carburant non polluant ou sorti un disque (voir la figure 2).

L'ensemble de ces travaux nous ont conduits à proposer une variante de la théorie de E. Deci et R. Ryan (et R. Vallerand) : nous considérons les différentes motivations comme le résultat de deux besoins fondamentaux, le besoin de compétence et le besoin d'autonomie. E. Deci, R. Ryan et R. Vallerand montrent bien que la compétence perçue intervient dans leur modèle, mais de façon indirecte, en valorisant l'autonomie ; en d'autres termes, ce qui importe pour l'individu, c'est qu'il ait pris l'initiative de l'activité. À l'inverse, A. Bandura ne tient compte que du sentiment d'efficacité personnelle et pense que l'autonomie n'intervient pas.

« Je suis le meilleur ! »

Dans notre modèle, les deux besoins sont fondamentaux et interagissent. Par exemple, nous venons d'étudier auprès de 31 120 élèves de classe de 6^e comment le sentiment d'efficacité personnelle et les trois types de motivations sont liés. Si l'on identifie la compétence perçue au sentiment d'efficacité personnelle de A. Bandura, on trouve qu'elle augmente avec la motivation intrinsèque, qu'elle est indépendante de la motivation extrinsèque et qu'elle diminue quand la démotivation augmente. D'autres recherches sur le sentiment d'autonomie, notamment une étude de Luc Pelletier et de l'équipe de R. Vallerand à Montréal réalisée auprès de 369 nageurs de compétition, obtiennent les mêmes relations entre le sentiment d'autonomie et les motiva-

tions. La compétence perçue et l'autonomie déclenchent, ensemble, les motivations.

En conséquence, selon notre modèle (voir la figure 4), la motivation intrinsèque correspond au cas où l'individu se sent compétent et a l'impression d'avoir librement choisi son activité. On constate que les activités des passionnés sont presque toujours des choix personnels, de la collection de timbres aux jeux vidéo, des mots croisés aux sports... Notons que la compétence (qui est forte en motivation intrinsèque) est souvent subjective et ne correspond pas forcément à la réalité ; c'est le cas de la petite fille qui coud maladroitement des robes pour sa poupée, mais qui s' imagine être une grande couturière ; ou du gâteau à moitié brûlé que des enfants ont préparé pour leurs parents, qui est bien meilleur que celui du pâtissier. L'essentiel, c'est de penser qu'on est le meilleur : voilà un des deux moteurs du plaisir à pratiquer une activité ou à apprendre (l'autre étant, rappelons-le, le fait de choisir librement son activité).

Mais dès que la sensation de compétence baisse ou que la contrainte augmente, ou les deux à la fois, l'individu ne fait plus l'activité pour le plaisir qu'elle procure, mais pour les avantages qui y sont associés : c'est la motivation extrinsèque (sous ses différentes formes).

Enfin, la baisse de la compétence perçue dans un climat de contrainte ou d'obligation peut démotiver, décourager ou entraîner la résignation. Ainsi, dès qu'un professeur fait sentir à un élève qu'il est mauvais, ou que ses parents l'obligent à faire une activité où il se sent incompétent, celui-ci peut glisser vers la démotivation : il se décourage.

Pour développer l'envie d'apprendre, il faut valoriser à la fois le sentiment de compétence et le besoin d'autonomie. Un enseignant peut par exemple adapter la difficulté à des groupes d'élèves et développer des activités « libres ». Ces dernières existent déjà : ce sont par exemple les classes nature et découverte, les exposés, les exercices en groupes ou les travaux personnels encadrés (les TPE) que l'on pratique au collège et au lycée. ■

Bibliographie

S. Blanchard et al.,
Motivation et sentiment d'efficacité personnelle chez les élèves de 6^e de Collège, in *Bulletin de Psychologie*, à paraître, 2012.

F. Fenouillet,
Les théories de la motivation, Dunod, août 2012.

A. Lieury et al.,
Psychologie pour l'enseignant, coll. « manuels visuels », Dunod, 2010.

L. Pelletier et al.,
Associations among perceived autonomy support, forms of self-regulations and persistence : A prospective study, in *Motivation and Emotion*, vol. 25, pp. 279-306, 2001.

R. Ryan et E. Deci,
Intrinsic and extrinsic motivations : classic definitions and new directions, in *Contemporary Educational Psychology*, vol. 25, pp. 54-67, 2000.

Pour une meilleure attention à l'école

Comment améliorer l'attention des élèves, aujourd'hui fragmentée par un excès de stimulations ?
Journées plus courtes, semaines plus longues et congés moins étendus sont à l'étude, ainsi que de nouvelles méthodes pédagogiques.

« **L**a captation de l'attention est aujourd'hui un énorme marché mondial. Il est massif au sens où il touche toutes les générations, toutes les couches sociales. [...] Le niveau de captation audiovisuelle atteint ainsi plus de six heures par jour aux États-Unis. [...] Jamais l'humanité n'a connu un tel phénomène d'hallucination collective, hyperréaliste, hypersynchronisée. En 1939, il y a moins de 70 ans, 55 pour cent des Français n'avaient ni radio, ni téléphone, ni télévision bien sûr : le seul moyen de synchronisation de leur attention à un niveau au-delà de leur famille, c'était le garde champêtre ou le curé. Et cela n'arrivait qu'une fois par semaine, et pendant une heure ou deux. Il y avait aussi évidemment l'instituteur qui captait alors l'attention des enfants six heures par jour. »

Ainsi s'exprime le philosophe Bernard Stiegler dans l'ouvrage collectif *Enfants turbulents : l'enfer est-il pavé de bonnes préventions ?* Il nous invite à réfléchir sur l'attention dont sont capables les enfants aujourd'hui, à l'école. Les enseignants ne le démentiront pas. Obtenir l'attention des enfants pendant les

cours est plus difficile que par le passé. Deux enquêtes diligentées par la Direction de l'évaluation et de la prospective du ministère de l'Éducation nationale en 1994 et 1995 faisaient déjà ressortir (et c'était avant les téléphones portables, Facebook et les jeux vidéo omniprésents) que la majorité des enseignants trouvait difficile le manque d'attention des élèves. De surcroît, un peu moins de la moitié des enseignants soutenait qu'une séquence d'apprentissage était réussie quand ils parvenaient à maintenir l'attention des élèves.

S'adapter aux nouvelles contingences

Pour autant, il ne faudrait pas en tirer des conclusions trop hâtives qui consisteraient à interpréter l'agitation comportementale de un ou plusieurs élèves comme le signe indubitable d'un défaut irrémédiable d'attention et, au contraire, la docilité comportementale et la bienveillance offertes par d'autres comme la preuve de leur niveau élevé d'attention. Ce qui est indéniable, c'est que l'attention des élèves est moins facile à capter et à maintenir qu'elle

Christophe Boujon

est maître de conférences et chercheur dans le Laboratoire de psychologie des Pays de la Loire (UPRES EA 4638), à l'Université Nantes-Angers-Le Mans où **Sandrine Poupet** est étudiante en Master en psychologie.



Dmitry Shironosov / Shutterstock.com

l'a été en d'autres temps. Elle ne peut plus se concevoir comme une injonction naturelle de l'enseignant : « Maintenant, fais attention », et il faut prendre en compte d'autres contingences. Que faire face à cette évolution, largement imputable aux nouveaux rythmes de vie et de la famille ? Quels bénéfices pourrait-on tirer de l'application des données biologiques et psychologiques liées aux rythmes scolaires ? Des données scientifiques existent. Nous en donnons ici les grandes lignes en espérant qu'elles puissent être un jour reconnues et partagées par l'ensemble de la communauté éducative : enseignants, animateurs socioculturels et... parents.

Des journées chargées

Aujourd'hui, à l'école primaire, les enseignements sont répartis sur quatre journées de huit heures, comportant cinq heures et demie d'enseignements fondamentaux. Cette situation est-elle adaptée aux capacités attentionnelles de l'enfant ? L'attention chez les plus jeunes n'est pas uniforme au cours de la journée. De multiples études ont établi qu'elle est maximale en fin de matinée, puis baisse notablement en

début d'après-midi, avant de remonter en fin d'après-midi (voir l'encadré page 16). La capacité de détection visuelle, notamment, suit cette évolution. Pour la plupart des apprentissages liés à l'écrit ou à la lecture, mieux vaut une bonne matinée de cours, suivie d'une partie de l'après-midi consacrée à d'autres activités péri-éducatives (artistiques, culturelles et sportives). Ces dernières permettent aussi aux enfants, mais sous une autre forme, de développer leurs fonctions exécutives et l'estime de soi.

Claire Leconte, professeur en psychologie de l'éducation à l'Université de Lille 3, suit depuis 1996 un groupe scolaire lillois qui a eu

1. Le rêve de tout enseignant :

captiver son auditoire.

Outre le talent personnel, les lois physiologiques et psychologiques qui régissent les fluctuations de l'attention au fil de la journée doivent être prises en compte.

En Bref

- Selon des données scientifiques récentes, l'attention des enfants augmente au cours de la journée ; elle est optimale en fin de matinée.
- Il serait préférable de concentrer les apprentissages le matin, et de prévoir des journées moins longues, mais plus nombreuses.
- Une meilleure attention peut être obtenue en apprenant aux élèves à gérer leurs « fonctions exécutives », telles que planification, gestion de la mémoire de travail, alternance entre diverses tâches et résistance aux distractions.

pendant 12 années une semaine d'école de six jours avec trois après-midi libres. Elle aboutit à la conclusion qu'idéalement, les cours devraient être plutôt répartis entre 8 heures 30 et 12 heures 30, avec un accueil en classe durant environ 30 minutes. Évidemment, cela pose des difficultés de réorganisation de la vie scolaire et périscolaire, mais la réalité physiologique est un fait dont on ne peut faire abstraction.

Aujourd'hui, les journées d'école sont surchargées au regard des capacités attentionnelles naturelles des enfants, *a fortiori* dans un contexte où leur attention est déjà captée de multiples façons par l'environnement. La semaine de quatre jours, en vigueur depuis 2008, a certainement contribué à cet état de fait. L'abolition de l'école le samedi matin, associée à l'absence de cours le mercredi, crée une situation où toutes les heures sont concentrées sur ces quatre journées. Les écoliers français ont ainsi les journées d'école les plus longues du monde avec un nombre total de jours de scolarité le plus court sur une année : chaque journée à l'école élémentaire compte cinq heures et demie de travail pédagogique – sans compter les 30 minutes de

récréations quotidiennes –, soit sur une année entière 864 heures de cours pour seulement 144 jours d'école. Cette situation a une conséquence évidente : les limites de l'attention des enfants sont dépassées. Ainsi, François Testu, professeur de psychologie à l'Université de Tours, a souligné que les études internationales d'évaluation des niveaux à l'écrit, en lecture et en compétences mathématiques avaient généralement reculé dans les pays (rares) qui avaient adopté la semaine de quatre jours au moment de l'entrée en vigueur de cette mesure (voir l'encadré page 20).

Des week-ends trop longs ?

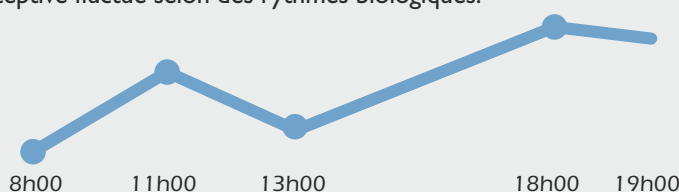
Par ailleurs, un certain nombre d'études ont établi que les performances mnésiques sont meilleures après un week-end d'une journée et demie comparées à un week-end de deux jours comme avec la semaine actuelle de quatre jours. En effet, les rythmes de l'enfant sont imposés par des stimulations que l'on nomme synchroniseurs, tels que l'heure du coucher et celle du réveil, les devoirs, l'heure à laquelle commence l'école le matin, etc. Deux jours d'interruption dus au week-end perturbent les rythmes de la semaine, avec généralement un coucher et un lever plus tardifs, et des activités qui ne mobilisent pas l'attention au même moment de la journée. Il faut alors se « recaler » en début de semaine. Plus l'environnement des enfants met en place des périodes longues avec des couchers et des levers tardifs, plus il est difficile de revenir au fonctionnement habituel de la semaine.

Dès lors, si l'on se fiait à ces études d'impact des week-ends longs, il serait plus judicieux de réintroduire la matinée du samedi. En juillet 2011, un rapport du Comité de pilotage sur les rythmes scolaires a été publié. Il proposait de porter la durée des horaires scolaires de 8 heures 30 à 15 heures 30, au lieu de 16 heures 30. C'est probablement un pas dans la bonne direction.

Reste la question des vacances d'été, dont la longueur pose un certain nombre de difficultés. En effet, en imaginant une semaine de cinq jours, chaque jour comptant une heure d'apprentissages en moins, la durée des apprentissages resterait à peu près équivalente, aux environs de 864 heures par an. La question qui se pose aujourd'hui est : ce nombre est-il suffisant ? En 1910, le nombre d'heures par an était de 1310. Ce nombre n'a fait que décroître sur

L'attention du matin au soir

De 1960 à 2011, la plupart des études sur l'attention des enfants ont utilisé des variantes de l'épreuve des lettres barrées, dite épreuve de barrage, proposée pour la première fois à la fin du XIX^e siècle par les psychologues Alfred Binet et Benjamin Bourdon, et qui visait à évaluer l'attention des enfants. Depuis lors, ces épreuves de barrage consistent à retrouver un élément cible (une lettre particulière) plusieurs fois présent au sein d'une série d'autres éléments qu'il faut ignorer (d'autres lettres). En 1967, une expérience a été mise au point, qui consistait à demander à des sujets, à plusieurs moments de la journée, de réaliser une épreuve de barrage. Elle a ainsi montré que les performances attentionnelles varient au cours de la journée : elles augmentent de façon continue du matin jusqu'en fin d'après-midi, pour décroître ensuite durant la soirée, avec cependant une forte baisse aux alentours de 13 heures. Cette courbe est proche de celle de l'évolution, au cours de la journée, de la température corporelle – un indicateur important du métabolisme. En conséquence, cette forme d'attention perceptive fluctue selon des rythmes biologiques.



un siècle, avec deux décrochements notables au moment de l'adoption des congés payés, puis en 1968 (voir la figure 2). La conséquence directe en est que les élèves doivent apprendre aujourd'hui la même chose avec 450 heures de classe en moins.

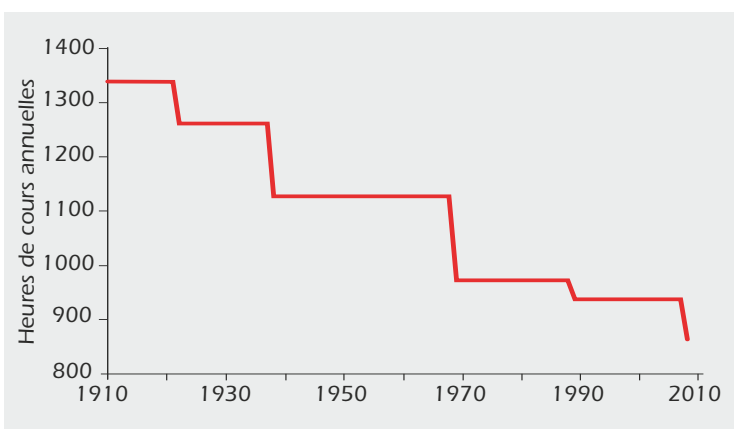
Sachant que leur attention est en outre accaparée par des sollicitations qui n'existaient pas auparavant, il serait peut-être judicieux de leur redonner un peu plus de temps, réparti de façon adaptée, pour qu'ils puissent acquérir ces compétences et ces connaissances. Cela supposerait, notamment, d'écourter l'immense pause d'été, par ailleurs préjudiciable aux rythmes de l'enfant qui prend souvent d'autres habitudes de coucher, lesquelles modifient la courbe de son attention au fil de la journée. Là encore, le rapport du Comité de pilotage sur les rythmes scolaires semble avoir pris la dimension du problème.

Les connaissances acquises sur les fluctuations de l'attention peuvent aussi aider à mieux agencer les différents apprentissages au fil de la journée. Les psychologues américains Simon Folkard et Timothy Monk ont étudié ces fluctuations en faisant réaliser plusieurs fois par jour trois variantes de l'épreuve des lettres barrées. La version modifiée fait intervenir, non plus la seule capacité attentionnelle, mais la mémoire de travail. Les enfants ont pour consigne de mémoriser deux, quatre ou six lettres cibles qu'ils doivent barrer dans un texte qu'on leur donne à lire.

L'attention endogène

Qu'observe-t-on dans pareil cas ? Les performances des enfants ayant réalisé les trois épreuves ne sont pas identiques (voir la figure 3). Pour la tâche à deux lettres, propre aux tâches d'attention visuelle maintenue, on observe une progression de l'attention au fil de la journée, de 8 heures 30 à 17 heures environ. Mais pour la tâche à quatre lettres, qui fait aussi intervenir la mémoire de travail, on observe le contraire, c'est-à-dire une diminution jusqu'à 17 heures, puis un regain entre 17 heures et 19 heures 30, suivi d'une dernière phase de diminution. Pour la tâche à six lettres, on constate aussi une décroissance jusqu'à 17 heures et une augmentation au-delà.

Comment interpréter ces différences selon les tâches ? Certaines font intervenir une forme d'attention perceptive (reconnaissance



2. Le nombre d'heures de cours à l'école n'a fait que diminuer depuis 100 ans. L'augmentation de la part des congés a été déterminante, ainsi que, plus récemment, l'adoption de la semaine de quatre jours en 2008. Malgré cette diminution, le nombre de jours d'école est si faible (144 sur l'année) que les journées d'école des Français sont les plus longues du monde. Une situation peu compatible avec le rythme de l'attention.

visuelle de certains motifs ou de lettres), et d'autres l'attention et la mémoire de travail. La première forme d'attention est exogène (attention automatiquement attirée par les caractéristiques physiques de l'environnement), la seconde endogène (attention contrôlée volontairement et avec plus d'effort par l'individu à partir de ses représentations mentales de l'environnement). On peut comparer l'attention exogène à la réaction à la nouveauté et l'attention endogène à la concentration. Cette expérience montre que l'attention endogène est plus « fraîche » le matin, et l'attention perceptive exogène, plutôt en fin de matinée et en milieu d'après-midi.

Il semble que la mémoire de travail dépende moins que l'attention perceptive (visuelle, notamment) des fluctuations du métabolisme. Lorsqu'elle est peu sollicitée, ce sont les variations d'attention perceptive qui déterminent les variations de performance au fil de la journée, produisant une augmentation jusqu'à 17 heures. En revanche, quand elle est mise à l'épreuve avec une tâche à quatre lettres, c'est elle qui joue le rôle de facteur limitant. Elle s'épuise dans un premier temps, avant de passer le relais à la mémoire à long terme : les quatre lettres passent de la mémoire de travail à une mémoire plus profonde à partir de 17 heures, et les performances s'améliorent.

Pour une tâche à six lettres, le phénomène est amplifié, et l'avantage d'une mémorisation à long terme se fait sentir même en soirée.

Qu'en tirer pour la pratique pédagogique ? Le niveau de maîtrise des apprentissages détermine l'équilibre entre ces deux formes d'attention. Les règles acquises la veille, telles les opérations arithmétiques, gagneraient à être pratiquées plus tôt dans la matinée. La découverte de stratégies nécessaires aux nouveaux apprentissages, comme les accords syntaxiques ou les déclinaisons grammaticales, pourrait être appliquée en début d'après-midi. En effet, les règles mémorisées de la veille ou la mise en œuvre des stratégies d'apprentissage requièrent plus d'attention endogène. En revanche, les travaux de calligraphie, d'appariements visuel, spatial ou phonologique à partir de formes nouvelles, profitant plus aisément à l'attention exogène et sollicitant moins la mémoire de travail, seraient réalisés en fin de matinée.

Écriture le matin, grammaire l'après-midi ?

Il ne serait guère raisonnable de vouloir graver de telles propositions dans le marbre, et de les imposer au corps enseignant. Dans l'idéal, les instituteurs peuvent réfléchir à ce qui, selon eux, relève plutôt de l'attention endogène à pratiquer en début de matinée ou en début d'après-midi, et de l'attention exogène à réserver plutôt en fin de matinée.

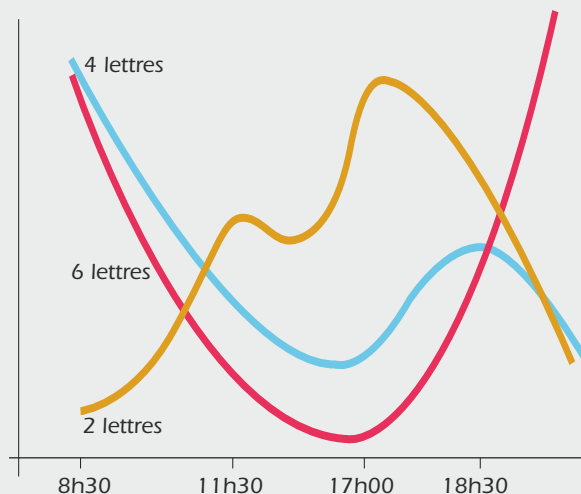
Le chronopsychologue F. Testu a constaté, dans ses expériences sur les fluctuations des

performances quotidiennes, que lorsque des élèves maîtrisent un exercice, leur réussite varie peu en fonction de la journée, alors que pour un nouvel exercice, la performance est sujette aux variations du cycle circadien. Une épreuve maîtrisée fait appel à des compétences et des routines automatisées : elle nécessite par conséquent moins d'attention endogène qu'un nouvel apprentissage. Dès lors, les activités en classe pourraient être également alternées selon leur caractère attractif, le niveau de contrôle attentionnel qu'elles demandent et le degré de maîtrise atteint. Par exemple, les tâches mieux maîtrisées ou apprises la veille, requérant moins de contrôle attentionnel, gagneraient à être réalisées en début de journée.

Si l'application de ce principe d'ajustement des activités scolaires par matière peut être facilement réalisable en école primaire, elle nécessite au collège et au lycée de prévoir des emplois du temps où les mêmes matières ne sont pas toujours enseignées dans la semaine aux mêmes heures de la journée. Les évaluations des connaissances ou compétences acquises dans chaque matière devraient être logiquement placées le matin.

Cela signifie aussi que les apprentissages peuvent être déplacés dans la journée au cours de l'année. Une tâche nouvelle serait abordée en fin de matinée pendant quelques semaines, puis à mesure que son assimilation progresse, elle pourrait être déplacée en début de matinée pour laisser le créneau optimal (vers 11 heures) libre pour des situations nouvelles requérant une attention perceptive optimale.

3. L'attention fluctue au cours de la journée, avec un profil différent selon les tests pratiqués. Lorsque le test demande peu de mémoire de travail (faire attention à deux lettres énoncées initialement, et les barrer dans un texte), les fluctuations correspondent à celles de l'attention perceptive, avec un minimum le matin et un maximum en fin d'après-midi à 17 heures. Lorsque le test fait davantage appel à la mémoire de travail (quatre lettres à mémoriser et à repérer), cette forme d'attention exogène ne détermine plus autant les résultats. Ce sont les fluctuations de la mémoire de travail (attention endogène) qui ont un rôle sur les variations des performances au test : les résultats sont meilleurs le matin et diminuent jusqu'à 17 heures, pour ensuite augmenter de nouveau et décroître finalement au-delà de 19 heures 30. Enfin, lorsque la charge en mémoire de travail est maximale (six lettres), on observe une diminution des résultats jusqu'à 17 heures, puis une augmentation jusqu'au coucher.



4. Discuter pour maintenir

l'attention. Pour s'assurer que l'attention d'un enfant reste mobilisée lors d'un apprentissage, l'enseignant peut lui poser diverses questions. Il vérifie ainsi si l'enfant reste concentré sur la tâche demandée ou bien s'il commence à « décrocher ».



Dmitry Shironosov / Shutterstock.com

En supposant que les enseignements soient répartis de façon à s'adapter au mieux aux rythmes attentionnels de l'enfant, comment exploiter au mieux ce « temps d'attention » ? Les recherches fondamentales nous ont appris que cette faculté mentale est difficile à maîtriser de l'extérieur, et qu'il ne suffit pas d'obtenir qu'un individu regarde dans une direction pour qu'il perçoive réellement et mémorise les informations qui y sont délivrées. En d'autres termes, il ne suffit pas de demander aux élèves de regarder le tableau, d'écouter l'enseignant, de « faire attention », pour que l'attention soit réellement engagée.

Le maître, guide attentionnel

Chacun a constaté ce phénomène : nous pouvons avoir le regard posé sur une page d'un livre, sans faire réellement attention à ce que nous lisons. Nous pouvons arriver en bas de la page sans avoir rien retenu. Cet effet surprenant est qualifié de *cécité attentionnelle*. Daniel Simons et l'équipe du Laboratoire de cognition visuelle de l'État d'Illinois ont étudié ce phénomène, et montré que nous pouvons être aveugles à des éléments pourtant totalement incongrus, lorsque notre attention ne s'y fixe pas.

Il a ainsi utilisé une expérience restée célèbre, où un personnage déguisé en gorille traverse un terrain de basket sans être aperçu par les spectateurs. L'enregistrement des déplacements oculaires montre que le regard des spectateurs s'est posé plusieurs fois près de cet élément saillant. Dès lors, l'absence de perception consciente est interprétée comme résultant d'une sélection attentionnelle : l'attention se focaliserait sur les déplacements du ballon et des joueurs. D. Simons explique ce phénomène de la façon suivante : l'homme n'est pas capable de percevoir ou de se rappeler des objets ou des détails très différents de ceux sur lesquels il porte volontairement son attention.

Ainsi, en classe, un enfant peut très bien avoir le regard posé sur le tableau, sans rien voir de ce qui y est écrit. De même, il peut sembler plongé dans son cahier de mathématiques et sur des lignes d'additions ou de soustractions, sans rien en retenir. L'enseignant va certes essayer de solliciter son attention, de faire en sorte que son regard et son écoute se portent sur ce qu'il voit ou entend, mais il n'a aucun moyen de vérifier qu'il y réussit.

L'enfant est seul à pouvoir vérifier qu'il fait attention. Il faut l'amener à la découverte et à l'utilisation de ses outils mentaux, qui lui permettent de savoir s'il fait attention ou non. Il prendra ainsi les commandes de son attention, en supervisant lui-même les grandes étapes de résolution d'un nouveau problème.

Pour cela, il faut faire appel aux fonctions exécutives de l'enfant, qui correspondent aux grandes stratégies d'exécution d'une tâche. La planification, la surveillance des données maintenues temporairement en mémoire et du moment où l'on peut les oublier, la gestion de l'alternance entre deux tâches, et l'inhibition sont les quatre principales composantes des fonctions exécutives dans le domaine du contrôle attentionnel des activités.

Prenons l'exemple d'un jeune élève à qui l'on demande combien font $13 + 9$, le tout multiplié par 4. Pour réaliser cette opération, l'élève doit d'abord mettre en œuvre sa capacité d'inhibition (réprimer l'envie de faire autre chose), activer une stratégie de planification (je vais m'asseoir, prendre mon stylo, et effectuer la tâche. Pour cela, d'abord, calculer $13 + 9$, puis multiplier par quatre), et

La semaine de quatre jours sur la sellette

En 1996, une étude de Nicole Dévolvé, professeur de psychologie à l'Université de Toulouse, et de sa collègue W. Davila, a comparé quatre modes d'organisation hebdomadaire : quatre jours de six heures et demie (comme aujourd'hui), quatre jours de six heures, neuf demi-journées dont le samedi matin, et neuf demi-journées dont le mercredi matin. Les résultats mesurés sur les performances mnésiques des élèves montrent que l'organisation en quatre journées de six heures et demie semble la plus perturbante pour les processus de mémorisation. Une autre étude a évalué l'influence de la durée du week-end (deux jours ou un jour et demi) sur les performances mnésiques d'élèves de l'école primaire durant la journée du lundi. Les résultats montrent que les performances mnésiques, évaluées par les performances de rappel d'informations mémorisées avant le week-end et la qualité de la mémorisation, sont meilleures après une interruption d'un jour et demi qu'après une coupure de deux jours.

Bibliographie

C. Leconte,

Des rythmes de vie aux rythmes scolaires : quelle histoire !, Presses universitaires du Septentrion, 2011.

H. Montagner,

Les temps, les rythmes et la sécurité affective de l'enfant : fondements obligés de l'aménagement du temps scolaire, in *Les Cahiers Pédagogiques*, 2008.

Ch. Boujon,

Attention et contrôle de l'activité, D. Gaonac'h (coord.) : *Psychologie cognitive et bases neurophysiologiques du fonctionnement cognitif*, PUF, 2006.

Ch. Boujon,

Attention et apprentissage (chapitre 8), A. Weil-Barais (coord.) : *Les apprentissages scolaires*, Bréal, 2004.

F. Testu

et R. Fontaine,
L'enfant et ses rythmes. Pourquoi il faut changer l'école, Calmann-Lévy, 2001.

une stratégie de surveillance des données à manipuler en mémoire (dans $13 + 9$, commencer par ajouter les unités, obtenir « deux et je retiens un », mémoriser le « un » jusqu'à l'addition des dizaines, pour obtenir deux, enfin oublier cette donnée pour passer à l'étape suivante de l'exercice).

Les fonctions exécutives

Au fil de cette démarche mentale, l'enseignant peut vérifier que l'élève a engagé son attention, en lui demandant comment il va s'y prendre : l'élève répond qu'il exécute d'abord l'addition, puis la multiplication. Un tel échange permet à l'enseignant de savoir que l'enfant met en œuvre la stratégie de planification. En outre, cela fixera chez l'enfant l'habitude de procéder ainsi. De même l'enseignant peut interroger l'élève sur les données qu'il conserve en mémoire dans les différentes étapes de l'addition (te souviens-tu de la retenue ? Très bien, maintenant tu peux l'oublier, car tu n'en as plus besoin, etc.). Ainsi, le contact permanent avec les fonctions exécutives de l'enfant et les stratégies qu'il applique est un moyen assez sûr de vérifier que son attention n'a pas décroché.

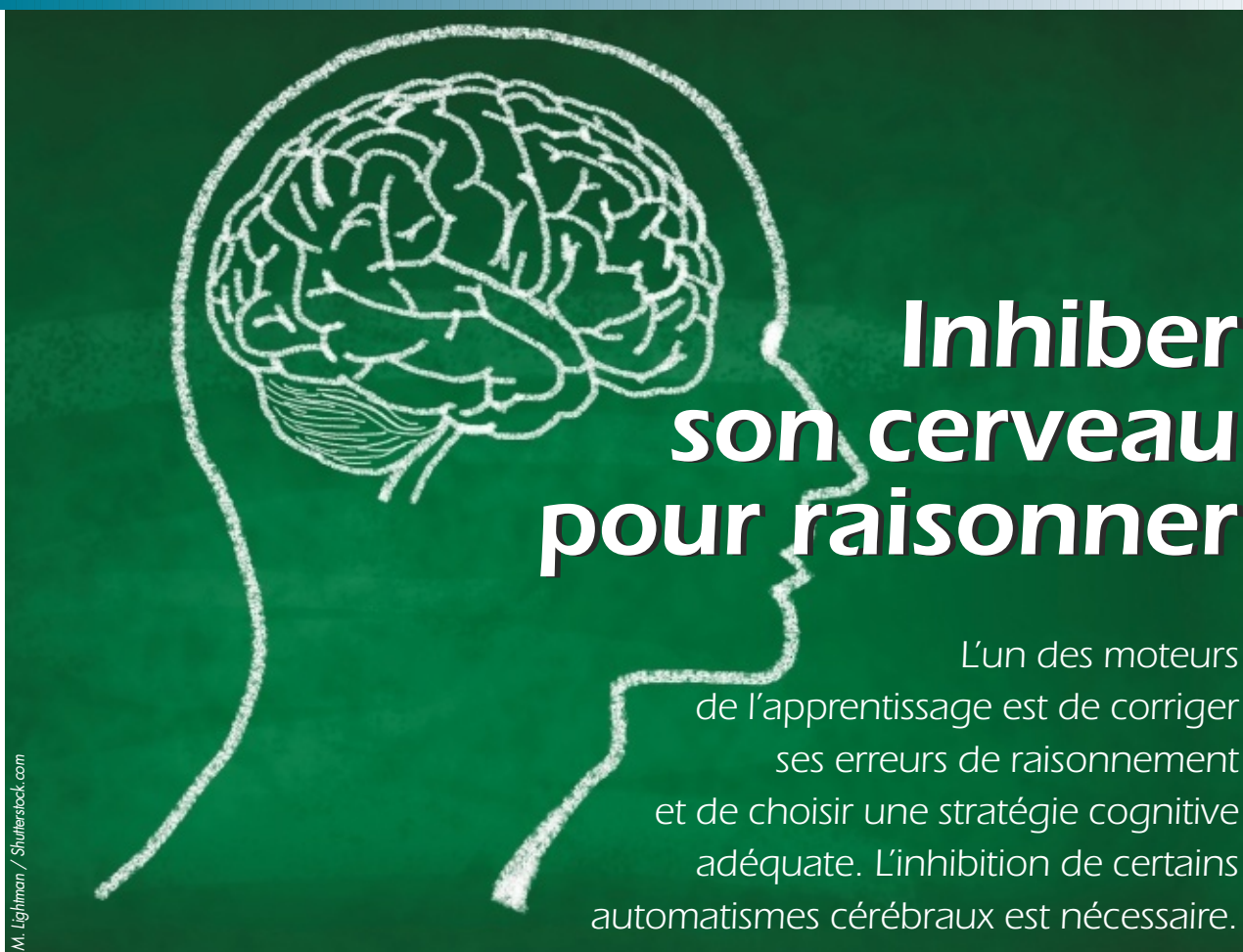
Pour ce qui concerne la capacité d'alternance des tâches, il est possible de proposer à l'élève de réaliser deux activités (un exercice peu attrayant et une activité plus ludique). Il gère l'alternance dans l'accomplissement de

ces deux activités sur lesquelles il peut revenir plusieurs fois. Il lui est conseillé de différer le plus tard possible la plus attrayante, en la considérant comme une récompense. En dehors de l'école, certaines pratiques éducatives peuvent également développer les fonctions exécutives d'inhibition et de planification. Il existe ainsi un test dit du cadeau différé, qui consiste à offrir un cadeau à un enfant de deux à trois ans, et à lui demander de l'ouvrir plus tard. Une telle situation fait appel aux fonctions d'inhibition et de planification, essentielles dans la gestion et la résolution de nombreuses activités quotidiennes. À l'école, savoir parfaitement les mettre en application peut être très utile pour résoudre un exercice : savoir prendre le temps de comprendre la consigne d'un exercice ou d'une activité avant de se lancer dans sa réalisation.

Toutefois, de telles recommandations doivent être prises en compte dans le respect des caractéristiques individuelles propres à chaque élève. Celles-ci déterminent en grande partie les fluctuations des performances. Il faut y inclure la quantité de sommeil nécessaire chaque jour (il existe des petits et des gros dormeurs), la meilleure heure de lever et de coucher (certains élèves sont plus performants le matin, d'autres le soir) et les stratégies employées pour identifier et isoler des éléments dans une scène visuelle complexe (certaines personnes ont tendance à voir plutôt l'arbre ou plutôt la forêt, elles sont dites « indépendantes à l'égard du champ », ou « dépendantes à l'égard du champ »).

Reste évidemment la question de la motivation, essentielle dans la mobilisation des facultés attentionnelles. La meilleure motivation, on le sait aujourd'hui, est la motivation intrinsèque, liée au plaisir d'apprendre. Mais avant d'en arriver là, les étapes nécessaires à l'acquisition des compétences peuvent être ingrates. Nous pensons que l'enseignant, en entrant dans le jeu attentionnel de l'enfant (en lui posant des questions sur la façon dont il met en œuvre les différentes composantes de ses fonctions exécutives, par exemple), suscite chez lui une valorisation et un intérêt. En lui demandant s'il a réussi à faire attention à tel ou tel aspect de l'apprentissage, ou ce qui a le plus retenu son attention durant le cours, on lui confère un statut qui le gratifie. L'attention peut alors être une porte d'entrée vers la motivation ; loin d'être un pensum, elle peut alors devenir un outil puissant. ■

SEILIGF - Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 30.11.2012



Olivier Houdé
est professeur
de psychologie
à l'Université Paris
Descartes.

Les neurosciences et l'imagerie cérébrale en particulier apportent indiscutablement des clés pour mieux comprendre les comportements humains normaux et pathologiques. Le domaine médical en offre déjà beaucoup d'exemples, le domaine de l'économie quelques-uns, et ce sera le cas, peut-être plus encore, dans le domaine de l'éducation. Au-delà de la

santé, aucun secteur de la société ni de la vie psychologique des individus n'échappe au label « neuro », qu'on s'en réjouisse ou qu'on le déplore : neuroéconomie, neuropédagogie, etc., sont de nouveaux champs d'exploration de la psychologie expérimentale contemporaine.

Cela soulève bien entendu des questions éthiques, déjà analysées dans le domaine biomédical, mais qui peuvent se poser aussi dans le domaine de l'éducation où la réflexion bioéducative reste à conduire. Quoi qu'il en soit et sans céder à une vision trop scientiste et naïve, voire idéologiquement dangereuse, d'une technoscience de l'éducation parfaitement contrôlée et contrôlable, on ne peut refuser l'idée qu'une recherche pédagogique nouvelle, exploitant les ressources actuelles de l'imagerie cérébrale, puisse éclairer certains mécanismes neurocognitifs d'apprentissage dont dépendent des phénomènes éducatifs, sociaux et culturels plus complexes.

En Bref

- Les recherches en « neuropédagogie » peuvent éclairer certains mécanismes cognitifs et cérébraux de l'apprentissage.
- L'apprentissage de l'inhibition de certains automatismes permet d'éviter les biais de raisonnement. Les élèves prennent ainsi conscience de leurs erreurs de logique.
- Le cerveau ayant « appris » à inhiber ses erreurs se reconfigure : le cortex préfrontal contrôle le raisonnement.

L'apprentissage est une modification de la capacité à réaliser une tâche sous l'effet d'une interaction avec l'environnement. Dès la naissance, le bébé est génétiquement programmé pour apprendre. Il est par exemple capable de reproduire par imitation des modèles (mouvements du visage ou des mains) que lui présente l'adulte, ce qui montre que son cerveau est d'emblée réceptif à l'apprentissage culturel humain. Pour l'essentiel, on peut considérer qu'il existe, chez l'adulte comme chez l'enfant, deux formes complémentaires d'apprentissages cognitifs : l'automatisation par la pratique et le contrôle par l'inhibition. Voyons ce que cachent ces notions.

Dans le cas de l'automatisation par la pratique, l'imagerie cérébrale fonctionnelle a permis de montrer que la partie préfrontale (avant) du cerveau est activée en premier lieu ; en effet, la mise en place des habiletés nécessite un contrôle exécutif et un effort cognitif (apprendre par cœur une liste de mots écrits par exemple). Puis ces habiletés s'automatisent avec la pratique et c'est la partie postérieure du cerveau ainsi que les régions sous-corticales qui prennent le relais.

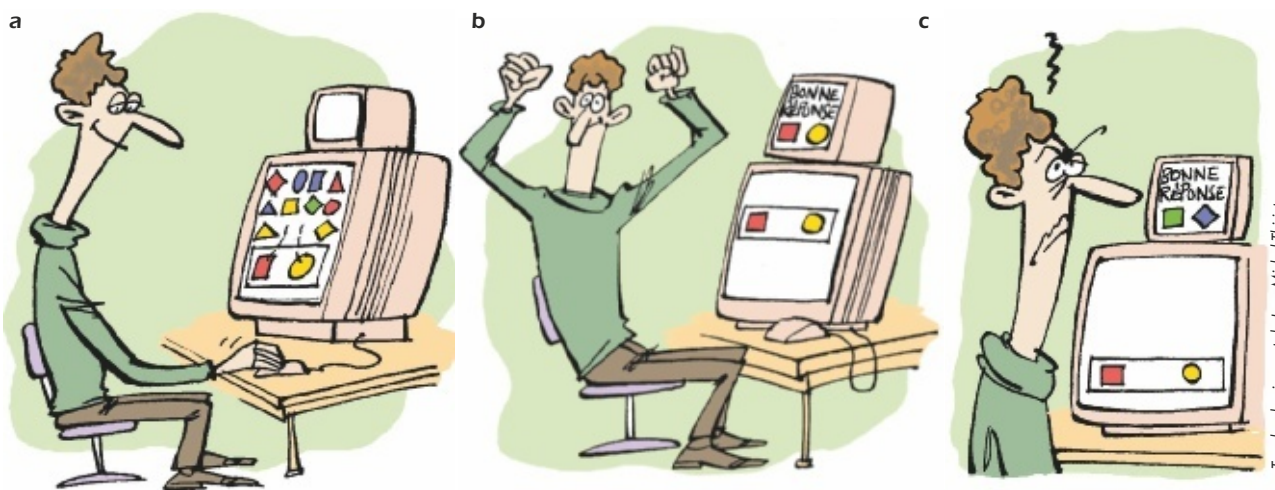
Dans le cas inverse (on parle de désautomatisation), il s'agit d'apprendre à inhiber les automatismes acquis pour changer de stratégie cognitive. L'imagerie cérébrale a mis en évidence les modifications qui s'opèrent

dans le cerveau lorsque, sous l'effet d'un apprentissage, on passe, au cours d'une même tâche de raisonnement, d'un mode perceptif facile, automatisé, mais erroné, à un mode logique, difficile et exact. Il y a alors un basculement des activations cérébrales, de la partie postérieure du cerveau au cortex préfrontal, ce qui se traduit par une dynamique cérébrale inverse de celle qui a lieu lors de l'automatisation.

Apprendre l'inhibition avec un professeur

Le premier type d'apprentissage, l'automatisation par la pratique, correspond aux connaissances générales, bien établies, apprises par la répétition, la mémorisation, et qui doivent être connues de tous (les programmes à l'école par exemple). C'est ce que l'on nomme « l'intelligence cristallisée » par la culture. À l'inverse et de façon complémentaire, le second type d'apprentissage, le contrôle par l'inhibition, fait appel à l'imagination, à la capacité de changer de stratégie de raisonnement en inhibant les automatismes habituels (eux-mêmes cristallisés). C'est « l'intelligence fluide ». Apprentissage et intelligence sont étroitement liés *via* la culture et le raisonnement.

Décrivons de façon plus détaillée l'apprentissage de l'inhibition, forme d'apprentissage



1. Lors des tests de logique, on demande aux volontaires de déplacer des formes colorées présentées sur un écran d'ordinateur pour répondre à des règles déductives du type : « S'il y a un carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite » (a). La totalité des personnes testées réussit ce problème (b). Mais si on demande aux participants de rendre fausse la règle « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite », alors

90 pour cent des sujets proposent comme réponse : un carré rouge à gauche d'un cercle jaune (c). Ils se trompent et commettent ce que l'on nomme une erreur perceptive. Pour rendre la règle fausse, il faut rendre l'antécédent vrai, c'est-à-dire ne pas mettre de carré rouge à gauche (on met, par exemple, un carré vert) et rendre la conclusion fausse, c'est-à-dire ne pas mettre un cercle jaune à droite (on place, par exemple, un losange bleu à droite).

cognitif (ou plus exactement « métacognitif ») explorée ces dernières années par la neuro-pédagogie expérimentale et absente (pour le moment) des programmes scolaires. Il s'agit d'étudier un mécanisme particulier de correction d'erreurs dans le cerveau humain. Pour ce faire, on développe une sorte de « pédagogie de laboratoire » : apprendre à l'individu (et à travers lui à son cerveau) à inhiber ses erreurs systématiques (ou biais) de raisonnement. Par exemple, on propose à des volontaires de déplacer des formes colorées sur un écran d'ordinateur pour répondre à des règles déductives. Mais pour certaines règles, les participants font pres-

que tous les mêmes erreurs de logique (voir la figure 1) ; l'apprentissage consiste à inhiber ces biais de raisonnement. Les questions d'apprentissage et de plasticité neurocognitive, essentielles en psychologie de l'enfant et de l'adolescent, le sont aussi en neurosciences cognitives.

Pour l'exemple des erreurs de raisonnement logique, nous avons émis l'hypothèse que la difficulté des individus tient, dans certaines situations pièges, à ce que deux stratégies de raisonnement entrent en compétition et se télescopent dans leur cerveau, l'une perceptive (ou sémantique selon les cas : une croyance sur le monde), l'autre logique. Face

Les conditions d'apprentissage pour une pédagogie de laboratoire

Le volontaire doit rendre fausse la règle déductive « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite », en sélectionnant sur un écran d'ordinateur deux formes géométriques. Pour améliorer le score – mauvais – des participants à ce test (90 pour cent de réponses fausses), on dispose de trois stratégies d'apprentissage : l'inhibition de la stratégie perceptive, l'explication logique et la répétition de la tâche.

Éliminons d'emblée la troisième qui ne donne aucun résultat : la répétition d'une « tâche piège », pour laquelle on ne comprend pas l'origine de l'erreur, ne corrige pas l'erreur.

Dans la condition d'apprentissage de l'inhibition des biais de raisonnement, on tente d'inhiber les biais de raisonnement. Pour ce faire, on émet des « alertes » qui préviennent le participant des pièges de raisonnement. On lui explique d'où vient l'erreur, on le met en garde pour qu'il ne tombe pas dans le piège, c'est-à-dire qu'il ne se laisse pas abuser par les formes et par les couleurs en oubliant la consigne logique. Dans la deuxième stratégie (l'explication logique), on se contente d'expliquer la logique de la tâche sans expliciter les causes des erreurs. Comment procède-t-on ? Nous proposons d'abord un

exercice préliminaire, en présentant quatre cartes (A, D, 3 et 7), chacune ayant, d'un côté une lettre, de l'autre un chiffre. Les quatre cartes sont disposées face aux personnes testées qui doivent indiquer quelle(s) carte(s) il est indispensable de retourner pour vérifier si la règle est toujours respectée : « S'il y a un A d'un côté d'une carte, alors il y a un 3 de l'autre. » La réponse erronée correspondant à un biais de raisonnement serait A et 3. Ce problème est connu sous le nom de test de Wason.

Pour vérifier la règle, on doit effectivement retourner A pour savoir si oui ou non il y a un 3 au dos, mais il est inutile de vérifier ce qu'il y a au dos du 3 : ou bien c'est un A et la règle n'est pas mise en défaut ; ou bien c'est un D et la condition requise (il y a un A d'un côté) n'est pas remplie : dès lors, la carte 3 ne peut pas rendre la règle fausse. En revanche, la seconde carte à tirer est le 7 : si de l'autre côté du 7, on a un A, la règle est fausse ! Ainsi, la réponse correcte est A et 7, car seules ces deux cartes sont susceptibles de rendre la règle fausse, c'est-à-dire de présenter un cas où l'antécédent est vrai (A) et le conséquent faux (non-3).

Au début de l'apprentissage, tous les participants font l'erreur et proposent la paire A et 3 (voir la figure a). On

Exercice préliminaire



à cette compétition neuronale, les élèves feraient des erreurs s'ils ne parvenaient pas à inhiber la stratégie perceptive (ou sémantique), sans qu'il s'agisse pour autant d'un manque de logique en tant que tel.

Un apprentissage efficace

Pour le montrer, nous avons d'abord testé, par des études de psychologie expérimentale, l'efficacité de trois conditions d'apprentissage sur des groupes de sujets indépendants : la première condition consistait à inhiber une stratégie perceptive avec des instructions venant

d'autrui. Par exemple, un professeur mettait en garde les sujets en leur précisant qu'ils devaient éviter un piège perceptif, une erreur de raisonnement, et qu'ils ne devaient pas se laisser abuser par les formes ni par les couleurs. C'est l'apprentissage dit « métacognitif », car il porte sur les stratégies cognitives à sélectionner. La deuxième condition était l'explication logique et rationnelle du problème, réalisée par le même professeur. Et le dernier apprentissage était la répétition de la tâche, ce qui correspond aux effets de la pratique (voir l'encadré ci-dessous).

Seul l'apprentissage de l'inhibition s'est révélé efficace, c'est-à-dire source de progrès

réalise alors les deux procédures d'apprentissage choisies : l'explication logique (voir le scénario b) et l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive (voir le scénario c). Dans l'explication logique, on explique de façon « froide » comment réfléchir pour réussir ce test (b1). Dans l'autre méthode d'apprentissage (c1), le « professeur » ne se contente pas de cet enseignement froid, mais donne en plus des « conseils d'inhibition », prévient lorsque l'« élève » risque de se laisser abuser par ses perceptions, fait intervenir une dimension émotionnelle dans son enseignement qui n'apparaît pas dans la méthode précédente. La procédure se termine lorsque les sujets attei-

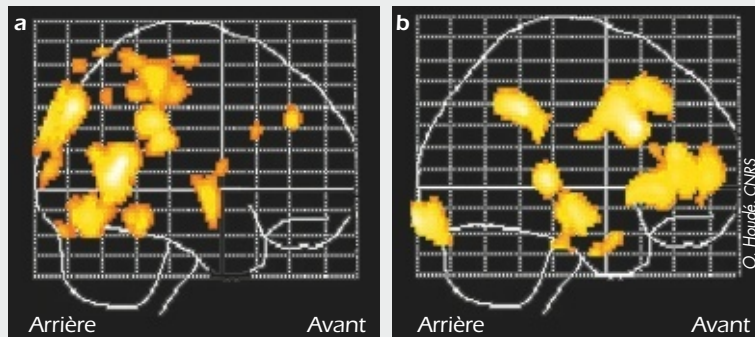
gnent le critère d'apprentissage, c'est-à-dire lorsqu'ils sont capables d'expliquer de façon autonome la résolution correcte de la tâche de sélection de cartes. Ils finissent par réussir par l'une ou l'autre des procédures (b2 et c2). Sont-elles pour autant équivalentes ? Non, car dans la dernière étape de l'expérience, on refait le test avec la tâche initiale (rendre fausse la règle : « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite ») et l'on constate que la méthode d'explication logique échoue (b3) tandis que la méthode d'apprentissage de l'inhibition des biais de raisonnement donne des résultats meilleurs (c3).

Pendant l'apprentissage

Après l'apprentissage



2. L'apprentissage de l'inhibition des erreurs de raisonnement se traduit par une modification du débit sanguin cérébral, visible en imagerie fonctionnelle. Lorsque les sujets se trompent quand on leur demande de rendre fausse la règle logique : « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite », le débit sanguin est plus élevé dans les régions postérieures et perceptives du cerveau (a). Quand ils ont appris à inhiber leur erreur, le débit sanguin est modifié, et les régions antérieures (préfrontales) sont davantage activées (b).



cognitifs transférables aux problèmes logiques du même type : le taux de réussite, initialement inférieur à 10 pour cent, a dépassé les 90 pour cent lors de la résolution du second problème. Alors que dans les deux autres conditions (l'explication logique et la pratique), la proportion d'erreurs était comparable au niveau initial face à des problèmes du même type. C'est donc le mécanisme exécutif de blocage (l'inhibition) qui faisait psychologiquement défaut aux individus interrogés et non pas la logique formelle ou la pratique (comme c'est le cas pour d'autres situations d'apprentissage).

Une façon de penser reconfigurée

Que se passe-t-il dans le cerveau des élèves avant et après l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive, c'est-à-dire avant et après la correction de l'erreur de raisonnement ? Existe-t-il un support biologique, neuronal (et lequel ?) montrant que les élèves ont appris à inhiber une stratégie ? Nous avons repris la même expérience en observant l'activité cérébrale des sujets par imagerie fonctionnelle avant l'apprentissage avec le professeur, et après.

Nous avons observé une spectaculaire reconfiguration – ou plasticité – des réseaux neuronaux, de la partie postérieure du cerveau à sa partie antérieure, dite préfrontale (voir la figure 2). Cette expérience illustre ainsi de façon dynamique comment peut se mettre en place, sous l'effet d'une forme particulière de pédagogie expérimentale, un processus d'abstraction par inhibition cognitive (de la réponse perceptive à la réponse logique) dans le cerveau. C'est « le cerveau qui apprend en inhibant ». En d'autres termes : l'intelligence

fluide se déclenche et s'observe chez l'élève après l'intervention pédagogique d'autrui. Éducation et neurosciences peuvent donc se conjuguer ; l'imagerie cérébrale a apporté la visualisation de l'effet pédagogique précédemment testé en psychologie expérimentale du raisonnement.

L'adulte, comme l'enfant, peut sans doute apprendre à inhiber les stratégies inadéquates de trois façons : soit en analysant lui-même ses échecs et en constatant ses erreurs, soit par imitation, soit en étant instruit par autrui, comme dans l'étude réalisée. Dès lors, on pourrait développer à l'école une pédagogie de « l'inhibition » (au sens positif du terme) et du contrôle cognitif en général. Or l'école apprend plutôt l'activation des connaissances, dans toutes les matières, que l'inhibition cognitive. Certains psychologues, tels qu'Adele Diamond au Canada, testent déjà avec succès, dès l'école maternelle, des programmes expérimentaux de ce type : par exemple, le programme *Tools of the Mind* où l'on apprend aux jeunes enfants l'inhibition et le contrôle cognitifs. Aux États-Unis, l'équipe de Michael Posner a montré comment des exercices de contrôle attentionnel modifient le cerveau de jeunes enfants (4-6 ans) dans des régions telles que le cortex préfrontal et le cortex cingulaire antérieur.

Dans une autre étude, nous avons comparé les conséquences cérébrales de l'apprentissage de l'inhibition (qui implique des mises en garde sur le danger du piège perceptif, c'est-à-dire sur l'erreur possible) et de l'apprentissage rationnel et logique, que l'on peut considérer comme plus « froid » et scolaire. Au niveau comportemental, nous avons à nouveau trouvé que seul l'apprentissage de l'inhibition est efficace dans les situations pièges étudiées.

Le mécanisme de blocage – l’inhibition – fait psychologiquement défaut aux élèves, et non pas la logique formelle ou la pratique.

En outre, nous avons montré qu’une région du cerveau s’active plus lors de l’apprentissage de l’inhibition que lors de l’apprentissage logique : c’est le cortex préfrontal ventro-médian droit. Cette région se situe dans « l’intimité » du cerveau droit, à l’avant (préfrontal), en bas (ventro) et au milieu (médian), près du système limbique qui est considéré comme « le cerveau des émotions ».

Depuis les travaux du neuropsychologue Antonio Damasio aux États-Unis, on sait que cette région paralimbique est impliquée dans les relations étroites entre émotion, sentiment de soi et raisonnement. Dans notre cas, il s’agit de l’émotion liée au sentiment de s’être trompé, d’être « tombé dans un piège », mais de pouvoir néanmoins corriger son erreur de raisonnement ; c’est une émotion complexe mêlant peur (de se tromper) et plaisir (de se corriger). C’est ici l’apprentissage du contrôle inhibiteur qui déclenche et entretient cette émotion.

Le rôle de l’émotion

En mesurant la différence de débit sanguin cérébral, nous avons confirmé que le cortex préfrontal ventro-médian droit est activé chez tous les élèves qui accèdent à la réponse logique après l’apprentissage de l’inhibition (donc après correction de l’erreur), alors qu’il ne l’est pas chez ceux qui restent dans l’erreur après un apprentissage logique « froid ». La théorie d’A. Damasio est une théorie de la « conscience réflexive », c’est-à-dire que l’émotion liée au sentiment de soi participe à l’activité cognitive. C’est bien ce que nous observons : avant l’apprentissage de l’inhibition, les participants ne sont pas conscients (n’ont pas le sentiment) qu’ils commettent une erreur de logique (ils pensent tous répondre juste !). Alors qu’après, ils en sont conscients – état dit de conscience réflexive.

Après avoir exposé ces exemples de recherches en neuropédagogie expérimentale, rappelons, pour conclure, que les scientifiques, pas-

sionnés, à juste titre, par leurs recherches et leurs découvertes, ont néanmoins en ce domaine un devoir d’humilité.

Neuropédagogie : un devoir d’humilité

D’abord parce qu’il s’agit de premières données encore ponctuelles et partielles. Ensuite parce qu’il ne faut pas dire aux professeurs des écoles ce qu’ils doivent faire dans leurs classes, mais simplement les informer, ainsi que les cadres de l’éducation et hommes politiques, des avancées scientifiques récentes en matière d’apprentissages cognitifs et d’intervention pédagogique. Ces découvertes, tel le rôle pédagogique positif de l’inhibition cognitive et son apprentissage cérébral, sont parfois contre-intuitives pour les professionnels. Mais elles peuvent avoir des conséquences importantes dans la société et l’éducation.

La pédagogie est un « art » qui doit s’appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées. En apportant des indications précises sur les capacités et les contraintes du « cerveau qui apprend », la psychologie et l’imagerie cérébrale peuvent aider à expliquer, au cas par cas, pourquoi certaines situations d’apprentissage sont efficaces, alors que d’autres ne le sont pas. Par exemple, les résultats exposés ici incitent, face aux blocages, erreurs ou difficultés de certains élèves, à tenir compte des résultats acquis en neuropédagogie. En l’occurrence, il s’agit de deux mécanismes clés, sans doute liés à des phénomènes éducatifs, sociaux et culturels plus complexes : d’une part, l’inhibition de stratégies neurocognitives en compétition et, d’autre part, l’émotion associée au sentiment de soi, qui paraissent toutes deux utiles au cerveau (parfois plus que la pure logique) pour corriger ses erreurs de raisonnement. En retour, le monde de l’éducation, bien informé de la pratique quotidienne, pourrait suggérer des idées originales d’expérimentation aux neuropédagogues... ■

Bibliographie

O. Houdé, *La psychologie de l’enfant*, (Que sais-je ?), Paris, PUF, 2012.

A. Diamond et K. Lee, *Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old*, in *Science*, vol. 333, pp. 959-964, 2011.

O. Houdé, *First insights on neuropedagogy of reasoning*, in *Thinking & Reasoning*, vol. 13, pp. 81-89, 2007.

O. Houdé, *Neural foundations of logical and mathematical cognition*, in *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 4, pp. 507-514, 2003.

O. Houdé et al., *Access to deductive logic depends on a right ventromedial prefrontal area devoted to emotion and feeling*, in *NeuroImage*, vol. 14, pp. 1486-1492, 2001.

« Pour » les notes à l'école élémentaire !

À condition qu'elles soient utilisées pour informer l'élève et non pour le décourager.

Alain Lieury

est professeur émérite de psychologie cognitive de l'Université Rennes 2, ancien directeur du Laboratoire de psychologie expérimentale.

Rien ne va plus dans le monde de la notation ! Fin 2010, une pétition s'est élevée contre les notes scolaires et une autre pour leur maintien, alors que le ministre de l'Éducation, de son côté, soutenait les notes. Que penser d'une telle controverse ? Mais d'abord de quoi parle-t-on ? En fait, il existe deux grandes catégories d'évaluation : l'« évaluation contrôlante » et l'« évaluation informative », dont les mécanismes et les effets divergent.

Les notes peuvent être une façon de contrôler l'élève, de le « punir » en cas de résultats insuffisants ou de le récompenser en cas de bons résultats. C'est ce qu'on nomme l'évaluation contrôlante. Elle correspond à la loi dite du renforcement, selon laquelle la motivation est déterminée par le besoin multiplié par le renforcement (positif ou récompense, négatif ou punition). Plusieurs expériences ont montré que les compliments et les réprimandes, classiquement utilisés à l'école,

agissent selon cette loi. Dans ces expériences, des élèves filles, du CM1 à la sixième, devaient résoudre le plus de problèmes possibles parmi 30 en 15 minutes, chaque jour, cinq fois par semaine. Dans un premier groupe, chaque élève était réprimandée publiquement sans tenir compte des réponses correctes. Dans un deuxième groupe, chaque élève recevait des compliments (quel que soit le résultat réel). Il existait aussi un groupe « ignoré », et un groupe témoin travaillant sans exigence de résultats. Le groupe complimenté progressa rapidement pour atteindre une vingtaine de problèmes résolus en cinq jours d'entraînement. Tous les autres groupes stagnèrent. Ainsi, les renforcements positifs et négatifs ne sont pas symétriques. Mieux vaut encourager que punir.

Encourager l'élève

En fait, une autre recherche concernant l'apprentissage de cartes de géographie par des étudiants plus âgés a montré que les renforcements négatifs (stigmatisation de « l'incompétence ») agissent négativement chez les étudiants les plus faibles. Toutefois, chez les étudiants de niveau élevé, les renforcements positifs et négatifs produisent une augmentation de 50 pour cent des performances par rapport à des sujets témoins de niveau équivalent. Il faut donc dissocier la récompense de la punition, et tenir compte de l'âge des élèves auxquels on s'adresse.

Les notes sont des chiffres, [...] c'est aux enseignants de les utiliser comme un outil et non de les faire ressentir comme un fléau.

Les notes peuvent aussi constituer une évaluation dite informative. Celle-ci donne à l'élève des informations sur le niveau de sa performance. Une expérience du psychologue américain Albert Bandura le montre : des étudiants devaient s'entraîner à soulever des poids, sous prétexte de mettre au point des exercices d'aérobic. Trois conditions étaient prévues : dans une première dite de « but seul », les étudiants devaient soulever à chaque séance 40 pour cent de plus qu'à l'essai précédent. Dans une deuxième condition dite de « feedback seul », on informait chaque étudiant qu'il avait soulevé tant de kilogrammes. Il s'agissait en fait d'un chiffre fictif, qui correspondait pour tous les participants à une progression supposée de 24 pour cent. Enfin, dans le troisième groupe, nommé « but + feedback », on fixait l'objectif – augmenter la performance à chaque fois de 40 pour cent –, et on transmettait au sujet un feedback (fictif) correspondant à une amélioration de 24 pour cent de sa performance.

Connaître son niveau

On a constaté que, par rapport à un groupe témoin s'entraînant sans consigne, seul progresse le groupe à qui l'on annonce clairement l'objectif et le résultat de ses performances. La progression est même surprenante : les étudiants améliorent leur performance initiale de 60 pour cent. On comprend facilement pourquoi. Comment sauter à la perche ou courir un 100 mètres si l'on ignore son score ? Comment progresser en orthographe ou en mathématiques, sans comprendre la nature de ses erreurs ? Il faut une évaluation aussi précise et informative que possible. Sans pour autant confondre évaluation et notes. Prenons un exemple : lors d'une dictée, le nombre et la nature des fautes doivent être signalés, mais on n'est pas obligé de retrancher ce nombre de fautes de la note maximale, 20. Dans ce dernier cas, l'évaluation redeviendrait contrôlante, puisque l'élève pourrait avoir 0 sur 20, ce qui reviendrait à le qualifier de nul. L'évaluation pourrait être présentée sous forme du nombre de fautes.

La notation doit donc subsister. Pas forcément sous forme de score sur un total de 10 ou 20. Car les dangers de l'évaluation contrôlante sont réels. Les psychologues Edward Deci et Richard Ryan montrent ainsi que la motivation intrinsèque (le fait que

l'élève soit motivé par le simple fait de travailler la matière, et non par des gratifications extérieures) résulte de deux besoins fondamentaux : le besoin de se sentir compétent et celui de choisir librement ses acti-



vités. Autrement dit, dès que la sensation de compétence baisse ou que la contrainte s'accroît, l'élève ne pratique plus l'activité pour le plaisir qu'elle procure, mais pour les avantages qui lui sont associés ou pour éviter les sanctions. Il fonctionne alors selon un mode extrinsèque – régulé par des agents extérieurs : récompenses, bons points, compliments, mais aussi punitions, réprimandes, etc. Avec des professeurs sévères ou humiliants, cette motivation extrinsèque peut saper le sentiment de compétence.

Sachant que certains enseignants pratiquent l'acharnement évaluatif, friands de déclarations tonitruantes telles que : « Tu n'arriveras à rien », ou « Votre place n'est pas ici », on comprend que certains s'insurgent contre les notes. Mais en réalité, ce sont certains comportements des enseignants ou parents qu'il faut changer : les notes sont des chiffres, elles n'y sont pour rien et c'est aux enseignants de les utiliser comme un outil et non de les faire ressentir comme un fléau. ■

Bibliographie

F. Fenouillet,

La motivation, Dunod, 2012.

A. Lieury, *La réussite expliquée aux parents*, Dunod, 2010.

A. Lieury et al., *Motivation et Réussite scolaire*, Dunod, 2006.

F. Fenouillet et al., *Faut-il secouer ou dorloter les élèves ? Apprentissage en fonction de la motivation induite par l'ego et du niveau de mémoire encyclopédique en géographie*, in *Revue de Psychologie de l'Éducation*, vol. 1, pp. 99-124, 1996.

Clavier ou stylo : comment apprendre à écrire ?

La reconnaissance des lettres passe autant par la mémoire du geste que par la mémoire visuelle. C'est pourquoi des enfants ayant appris à lire et à écrire avec un clavier les reconnaissent moins bien ensuite.
Vive l'apprentissage de la calligraphie !

Jean-Luc Velay

est chargé
de recherche
au CNRS,
au Laboratoire
de neurosciences
cognitives,
à Marseille.

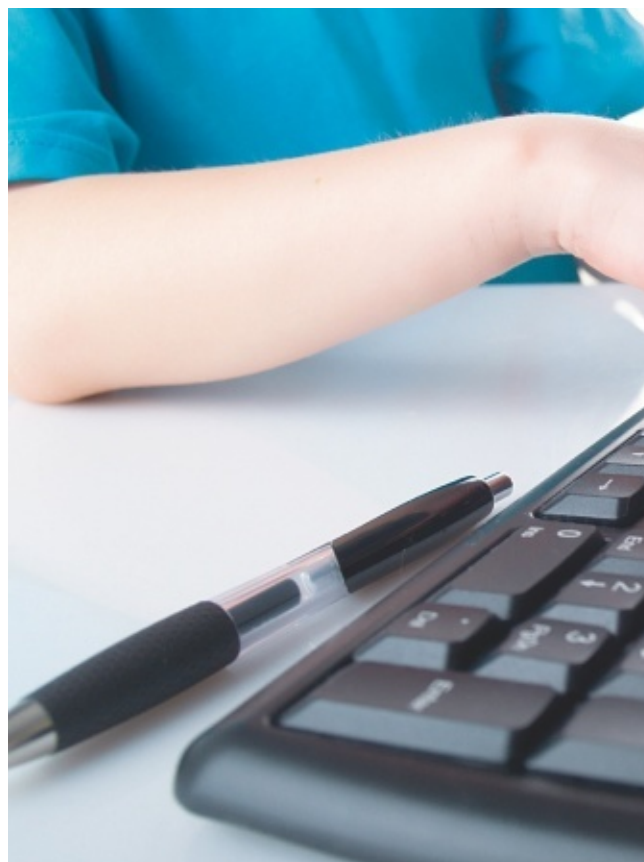
Marieke Longcamp

est maître
de conférences
au Laboratoire
adaptation
perceptivo-motrice
et apprentissage,
à l'Université Paul
Sabatier de Toulouse.

Dans un discours prononcé le 23 janvier 2002, Jack Lang, alors ministre de l'Éducation nationale, déplorait la dégradation de l'écriture manuscrite et réclamait avec insistance que l'on remette l'accent sur son enseignement dans les écoles. Selon lui, il était urgent de « redonner toutes ses lettres de noblesse à l'activité d'écriture à l'école ». L'école doit accorder une plus grande importance à l'acte d'écrire, à la « belle écriture », selon ses propres termes. Les programmes d'enseignement ont suivi : aujourd'hui, ils mettent l'accent sur l'écriture cursive, qui doit être enseignée de préférence avant la fin de l'école maternelle.

Pourtant, l'écriture manuscrite est de moins en moins utilisée au quotidien. La domination écrasante du courrier électronique dans les activités professionnelles et privées, les progrès des traitements de texte et leur utilisation au bureau, la folie des SMS des téléphones portables, tout cela fait intervenir un clavier, et nous nous surprenons nous-mêmes quand nous reprenons notre plume pour écrire à un proche.

À l'école, les élèves utilisent des ordinateurs de plus en plus souvent et de plus en plus tôt.



Voilà pourquoi certains n'hésitent pas à poser la question : « Pourquoi ne pas apprendre à écrire directement au clavier ? » Cette éventualité, formulée de façon aussi abrupte, a quelque chose de choquant. La plupart d'entre nous considéreraient comme une régression l'éventuelle disparition de l'écriture manuscrite, fruit d'une lente évolution technique, culturelle, sociale et peut-être... biologique. Bien souvent, on se rassure en se disant que ce n'est pas pour demain, mais il ne faut pas sous-estimer les pressions techniques, et surtout économiques, qui suscitent de nouveaux comportements.

Quel avantage y a-t-il à apprendre l'écriture manuscrite ? Que perdrait-on si elle n'était plus enseignée ? C'est ce que nous allons examiner, en nous appuyant sur les expériences scientifiques les plus récentes du domaine.

Un détour par l'Extrême-Orient et le monde des idéogrammes nous sera profitable. Les idéogrammes japonais, ou *kanji*, sont à la fois très nombreux et visuellement complexes. Les traits de plume qui les composent doivent être écrits selon un ordre précis et rigoureusement codifié. Savoir lire les *kanji* demande aux jeunes Japonais de nombreuses années d'appren-

En Bref

- Au quotidien, on utilise de moins en moins souvent le stylo pour écrire, et davantage un clavier d'ordinateur, de téléphone portable, etc.
- Pourtant, l'écriture à la main provoque l'activation d'une région cérébrale motrice, qui se « réactive » quand on voit des lettres (ou des caractères). Cette activation n'existe pas quand on tape au clavier.
- La calligraphie serait essentielle à la mémorisation des lettres ou des caractères. Les Japonais l'ont bien compris et écrivent souvent « avec leur doigt » pour se remémorer les idéogrammes de leur alphabet.

tissage. Quelle méthode utilisent les élèves pour les mémoriser ? Il faut les écrire des centaines de fois sur le papier, ou avec le doigt, sur la table ou dans l'air. D'ailleurs, lorsqu'un lecteur japonais adulte hésite devant un caractère complexe ou peu fréquent, il fait appel au *Ku-sho* : il fait mine d'écrire le caractère avec son doigt en l'air. C'est un peu ce que vous faites lorsque vous ne vous souvenez plus du code d'entrée d'un immeuble, mais que le mouvement de vos doigts vous aide à le retrouver. Le lecteur de *kanji* trace en l'air les traits constitutifs du caractère, dans l'ordre approprié, et... sa signification lui revient en mémoire. Que déduire de cette observation ? Tout simplement que la forme visuelle des idéogrammes ne suffit pas toujours pour retrouver leur sens, et qu'il est parfois utile de faire appel à la mémoire « sensorimotrice ».

Un programme cérébral d'écriture

Quand on écrit, l'information nerveuse qui détermine l'ordre d'écriture des traits constituant les caractères est codée dans certaines zones du cerveau : le cortex moteur et le cortex somatosensoriel. Elle forme en quelque sorte une mémoire du mouvement des sensations qui lui sont associées : on parle de mémoire sensorimotrice. Or cette mémoire semble parfois utile chez des personnes présentant des difficultés de lecture. Ainsi, dans certains cas d'alexie pure, c'est-à-dire lorsque des patients porteurs d'une lésion cérébrale deviennent incapables de reconnaître des lettres, leur performance est parfois améliorée si le patient est autorisé à les écrire, ou simplement à les tracer du doigt. On parle alors de facilitation kinesthésique, une technique qui fut utilisée pour améliorer la lecture chez des Japonais souffrant d'alexie. Lorsque le lien



Sergei Telagin / Shutterstock

entre la forme visuelle d'un caractère et son identité est rompu, il est possible d'accéder au sens du caractère en faisant appel à sa représentation motrice.

La reconnaissance visuelle des caractères *kanji* ne nécessite pas toujours leur exécution manuelle. Toutefois, des chercheurs se sont demandé si cette activité motrice ne serait pas mise en jeu de façon automatique dans le cerveau, même en absence de mouvement manifeste. Lors d'une étude d'imagerie cérébrale, ils ont présenté à des sujets japonais les premiers traits d'un *kanji* et leur ont demandé de retrouver l'intégralité du caractère. Ils ont observé que des zones du cerveau normalement mises en jeu dans l'écriture du *kanji* étaient activées dans ces conditions. Ainsi, retrouver les *kanji* en mémoire sensorimotrice engendrerait une sorte d'écriture mentale, automatique et non intentionnelle.

Qu'en est-il dans notre système alphabétique ? Là aussi, il s'agit d'associer des traits et de les reconnaître comme formant une seule et même lettre. Dans ce cas, une question s'impose : pourquoi les zones cérébrales sensorimotrices, qui commandent les mouvements et reçoivent en même temps les tensions musculaires résultant du mouvement, ne seraient-elles pas mises en œuvre automatiquement, comme chez les Japonais ? C'est précisément pour répondre à cette question

que nous avons placé des volontaires dans des scanners d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), qui visualisent le cerveau en action, et nous leur avons montré des lettres qu'ils devaient reconnaître.

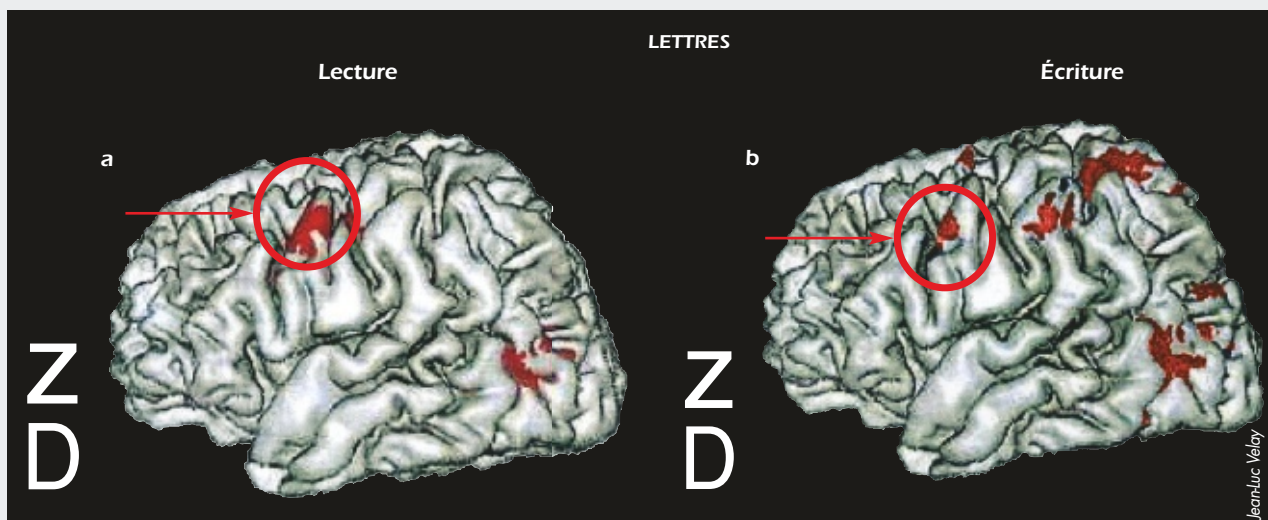
L'objectif était de révéler le réseau cérébral mis en jeu lorsque des droitiers observent des lettres. Nous souhaitions aussi nous assurer que d'éventuelles activations motrices obtenues dans cette situation perceptive correspondaient bien à des mouvements d'écriture. Pour cela, nous avons mis en place deux stratégies.

Lire, c'est écrire

D'une part, nous avons comparé l'activation cérébrale suscitée par des formes connues et inconnues (des lettres et des « pseudolettres », symboles ressemblant à des lettres, mais n'appartenant pas à l'alphabet). Si nos hypothèses étaient fondées, les pseudolettres, n'ayant jamais été écrites par les sujets, ne devaient correspondre à aucune représentation motrice prédéfinie en mémoire et ne devaient donc pas entraîner d'activations motrices. D'autre part, nous avons mesuré l'activité cérébrale des sujets lorsqu'ils écrivaient, afin de repérer les zones cérébrales mises en œuvre par l'écriture. Ainsi, nous avons constaté que seule la vue de lettres (et non de pseudolettres) active, chez des droitiers, une zone

1. Quelles zones du cerveau s'activent quand on lit des lettres ? En partie les mêmes que quand on les écrit avec un stylo. On enregistre les aires qui s'activent quand on lit des lettres (a) et

quand on les écrit (b) : la même aire (une zone du cortex prémoteur gauche chez les droitiers) s'active aussi bien à la lecture qu'à l'écriture (flèches en a et en b). En revanche, quand on enregistre l'activité



située dans le cortex prémoteur gauche, qui s'active également lorsque les sujets écrivent les lettres et les pseudolettres (voir la figure 1).

Cette zone du cortex prémoteur intervient dans les mouvements graphiques. Le fait que seul l'hémisphère gauche, qui commande les mouvements de la main droite, soit activé par la présentation visuelle des lettres, conforte l'idée selon laquelle ces activations sont bien reliées aux mouvements réalisés par la main pendant l'écriture, car la main droite est commandée par le cortex moteur de l'hémisphère gauche. Nous avons toutefois cherché à vérifier en réalisant une expérience similaire avec des gauchers (qui ne savaient pas écrire de la main droite). Pourquoi cette précaution ? Chez les gauchers, c'est l'hémisphère droit qui prend en charge les mouvements d'écriture. Les résultats de cette expérience ont confirmé que la même zone du cortex prémoteur, cette fois dans l'hémisphère droit, s'active lorsque les gauchers identifient des lettres. Ces résultats montrent que les mouvements de l'écriture sont en quelque sorte « simulés » mentalement pendant la lecture.

De telles observations confirment ce que l'on pensait depuis quelques années : les lettres seraient représentées dans le cerveau de façon « plurimodale », c'est-à-dire qu'on les perçoit non seulement par la vue, mais aussi par le toucher, ou plutôt par la simulation mentale

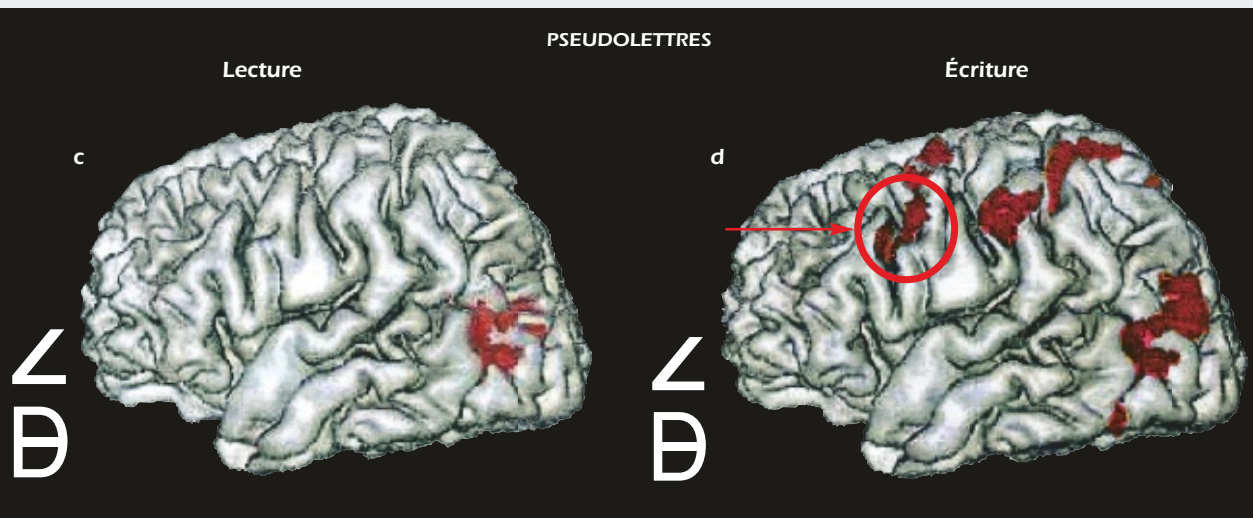
(inconsciente des mouvements que l'on exécute en écrivant). Lire, c'est aussi un peu écrire, et un réseau neuronal étendu participe à ce processus. Or ce réseau se mettrait en place quand on apprend en même temps à lire et à écrire avec un stylo. Pendant cette période, les enfants qui apprennent la lettre A associent sa forme visuelle avec le son [a] et le mouvement qui permet d'écrire un A. Cela s'explique par le fait que la correspondance entre le mouvement graphique et la forme produite est unique : à chaque lettre correspondent un seul mouvement et donc un « patron moteur » spécifique.

Le clavier : plus arbitraire

La situation diffère lorsqu'on écrit avec un clavier. Il s'agit cette fois d'atteindre un point du clavier où se trouve une forme donnée. La correspondance entre le mouvement et la forme de la lettre est arbitraire : un mouvement identique peut aboutir à la production de deux lettres différentes, et inversement, la même touche peut être atteinte par des mouvements distincts... Il n'y a pas une relation unique entre la lettre et le mouvement, et rien dans le mouvement d'atteinte des touches ne renseigne sur la forme ou l'orientation de la lettre formée. Si, comme nous le supposons, il est essentiel de développer la perception des mouvements de la main pour bien apprendre

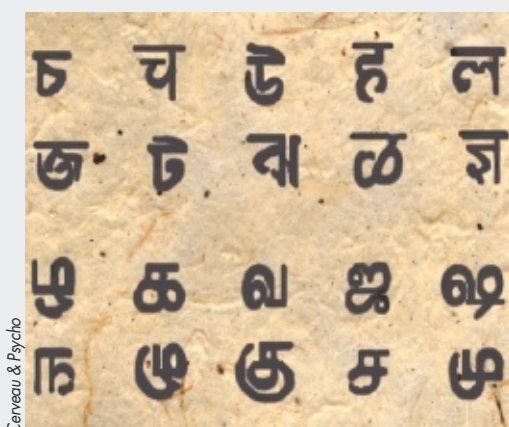
cérébrale déclenchée par la lecture et l'écriture de pseudolettres, des symboles qui ressemblent à des lettres, mais n'en sont pas (c et d), on constate que la même aire du cortex prémoteur s'active

uniquement à l'écriture. La lecture des pseudolettres n'active pas de représentation motrice déjà mémorisée. En somme, lire, c'est écrire, et un réseau neuronal étendu participe à ce processus.

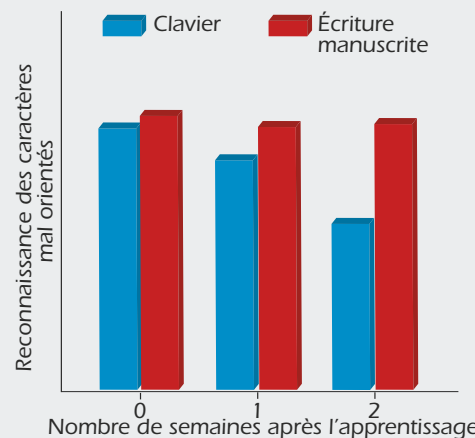


2. Des adultes

ayant appris à écrire des caractères tamouls ou bengalis (à gauche) à la main savent mieux et plus longtemps reconnaître si un caractère est correctement orienté (à droite, en rouge) que les adultes ayant appris à écrire ces mêmes caractères au clavier (à droite, en bleu).



Cerveau & Psycho



à reconnaître les lettres, il ne devrait pas être indifférent d'apprendre à lire au clavier et au stylo. C'est ce que nous avons vérifié avec notre collègue M.-T. Zerbato-Poudou, de l'Institut universitaire de formation des maîtres d'Aix-Marseille, auprès de jeunes enfants.

Tenir un stylo dès l'âge de quatre ans

L'enseignement de la lecture et de l'écriture commence très tôt, en général à partir de la deuxième année de maternelle. Pour les besoins de notre expérience, il nous fallait donc procéder avec des enfants de première et de deuxième année de maternelle, âgés de trois à cinq ans. Le principe était simple : proposer à un premier groupe d'enfants un apprentissage traditionnel de l'écriture manuscrite, à un second groupe un apprentissage des lettres au clavier, et observer lequel a finalement les meilleures performances de reconnaissance des lettres.

Soixante-seize enfants âgés de 33 à 57 mois ont participé à l'expérience. Ils ont été répartis en deux groupes de 38, chaque groupe se composant de trois classes d'âges : les petits (33 à 41 mois), les moyens (42 à 50 mois) et les grands (plus de 50 mois).

Lors de la phase d'apprentissage, nous avons fait apprendre aux enfants 15 lettres majuscules pendant trois semaines. Pour les enfants du groupe « écriture manuscrite », chaque lettre était présentée sur une feuille de papier et les enfants devaient la reproduire juste au-dessous. Pour le groupe « clavier », chaque lettre était présentée sur un écran d'ordinateur et les enfants devaient la taper au clavier, afin qu'elle s'affiche sous le modèle.

Le clavier, aménagé pour cette étude, comportait uniquement les 15 touches nécessaires pour écrire les lettres à apprendre.

Avant l'apprentissage et trois, puis quatre semaines après, nous avons testé la capacité des enfants à reconnaître visuellement les lettres. Sur un écran d'ordinateur, quatre caractères étaient présentés, dont trois étaient mal orientés ou déformés. L'enfant devait montrer la bonne lettre du doigt.

Chez les enfants les plus âgés (entre quatre et cinq ans), nous avons constaté que l'écriture manuscrite était bénéfique : les enfants reconnaissaient mieux les lettres qu'ils avaient écrites à la main. Au contraire, les enfants ayant appris au clavier avaient des difficultés à reconnaître certaines lettres. Cet avantage se manifeste dès la fin de l'apprentissage et persiste une semaine plus tard. Ainsi, il est bon d'apprendre à écrire avec un stylo si l'on souhaite développer, chez un enfant âgé de quatre à cinq ans, une bonne reconnaissance visuelle des lettres. Le clavier semble peu recommandé à cet âge.

En revanche, nous n'avons pas constaté cet effet sur les plus jeunes. Cela résulterait du fait que les structures neuronales contrôlant la motricité fine, nécessaire pour produire des mouvements précis des doigts et du poignet, ne sont pas suffisamment matures chez ces tout-petits. D'ailleurs, les lettres qu'ils produisent sont souvent éloignées du modèle. Par conséquent, non seulement ils voient une lettre mal tracée, mais de plus, les signaux sensorimoteurs engendrés par leurs mouvements ne sont pas adéquats pour informer correctement le cerveau sur la forme esquissée par le crayon.

Nous avons aussi observé que les enfants ont tendance à confondre les lettres qu'ils ont apprises avec leur image en miroir. Cette tendance

Bibliographie

J.-P. Fischer, *L'écriture en miroir*, in *Cerveau & Psycho*, n° 52, juillet-août 2012.

M. Longcamp et al., *Contribution de la motricité graphique à la reconnaissance visuelle des lettres*, in *Psychologie Française*, vol. 55, pp. 181-194, 2010.

M. Longcamp et al., *Learning through hand- or type-writing influences visual recognition of new graphic shapes : Behavioral and functional imaging evidences*, in *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 20, pp. 802-815, 2008.

J.-L. Velay et al., *De la plume au clavier : Est-il toujours utile d'enseigner l'écriture manuscrite ?*, in *Comprendre les apprentissages : Sciences cognitives et éducation*, sous la direction de E. Gentaz et P. Dessus, Dunod, pp. 69-82, 2004.

est naturelle en bas âge, mais, il faut peu à peu apprendre à ne plus faire cette confusion, sinon l'on devient « mauvais lecteur », une catégorie d'élèves en difficulté dont font partie les dyslexiques. Nous pensons que les mouvements d'écriture à la main peuvent aider à mieux reconnaître l'orientation des lettres.

Pour preuve, nous avons conçu une expérience semblable avec des adultes. Cette fois, nous leur demandions d'apprendre à écrire de nouveaux caractères, empruntés à des systèmes graphiques étrangers tels le tamoul ou le bengali (voir la figure 2). Chaque participant a appris un jeu de caractères, soit en les écrivant à la main, soit en les tapant sur un clavier conçu à cet effet. Puis nous avons demandé à tous les adultes de décider le plus vite possible si ces caractères présentés sur l'écran étaient bien ou mal orientés. Ainsi, les adultes ayant écrit les caractères à la main reconnaissaient mieux leur orientation que ceux ayant tapé les caractères sur le clavier. L'écriture manuscrite est bénéfique aussi bien pour les petits que pour les grands.

Ces résultats suggèrent que les mouvements d'écriture participent à la représentation et à la mémorisation des caractères et à leur recon-

naissance visuelle. Cela a-t-il un impact sur la lecture, quand il s'agit de percevoir et de reconnaître des mots et non plus des lettres isolées ? Il reste à le vérifier. En tout état de cause, il paraît très probable que, lorsque l'on sait mieux reconnaître les lettres, on a franchi une étape importante dans l'apprentissage de la lecture. Alors, faut-il apprendre à écrire à la main pour avoir une meilleure maîtrise de l'écrit et de la lecture ? La réponse semble bien être oui.

Ne pas bannir le clavier !

Doit-on pour autant bannir définitivement l'ordinateur pour apprendre à écrire ? Non. En effet, si l'écriture manuscrite enrichit la représentation des caractères et facilite leur reconnaissance chez la majorité des enfants, elle pourrait produire l'effet inverse chez ceux qui, pour des raisons diverses, ont des difficultés à effectuer les mouvements fins et précis imposés par l'écriture. Dans ce cas, l'usage du clavier, beaucoup plus simple au plan moteur, associé à l'ordinateur pour lequel les enfants manifestent un engouement prononcé, constituerait une étape intermédiaire pour préparer le passage à l'écriture manuscrite. ■



www.cerveauetpsycho.fr

Restez connecté à l'actualité de la psychologie et des neurosciences !

-  Rejoignez nos 3300 fans sur Facebook
<http://www.cerveauetpsycho.fr/cp-facebook>
-  Suivez-nous sur Twitter
<http://twitter.com/cerveauetpsycho>
-  Abonnez-vous à nos flux RSS
<http://www.cerveauetpsycho.fr/cp/rss>
-  Recevez nos lettres d'information
<http://www.cerveauetpsycho.fr/cp/newletters>
-  Visitez notre site Internet
<http://www.cerveauetpsycho.fr>

Comment enseigner la lecture ?

Les méthodes d'enseignement de la lecture, la globale et la syllabique, mettent en œuvre des aptitudes et des mécanismes cognitifs et cérébraux distincts... mais nécessaires. Il faut intégrer ces deux apprentissages : ce sont les « méthodes mixtes ».

Alain Lieury
est professeur
émérite
de psychologie
cognitive
de l'Université
Rennes 2,
ancien directeur
du Laboratoire
de psychologie
expérimentale.

Tollé général ! En 2006, le ministre de l'Éducation nationale, Gilles de Robien, a interdit par décret la méthode globale dans l'enseignement de la lecture...

C'est le retour de la méthode syllabique de grand-papa, une régression.

En réalité, le décret du 24 mars 2006 ne cite pas le terme de méthode globale, mais recommande « un entraînement systématique à la relation entre graphèmes et phonèmes », ce qui est conseillé par la majorité des chercheurs du domaine. Une grande part de l'incompréhension tient, à mon sens, à la méconnaissance des mécanismes en jeu et au vocabulaire ambigu des méthodes. Commençons par un petit historique pour rappeler l'origine des méthodes.

Derrière cet acte apparemment tout simple qu'est la lecture, se cache une activité très complexe mettant en jeu de multiples systèmes de perception et de mémoire, telles la vision, l'audition, la mémoire lexicale et la mémoire sémantique. Ces systèmes de per-

ception et de mémoire interagissent par le biais de « codages ». Ainsi, le codage phonologique réalise une équivalence entre certains groupes de lettres nommés graphèmes et des entités sonores nommées phonèmes. La lecture met en jeu quatre codages fondamentaux, les codages dits visuographique, phonologique, lexical et sémantique. Il faut comprendre ces codages pour saisir l'enjeu de la méthode globale.

Lire, c'est réaliser quatre tâches mentales

Abordons tout d'abord le codage visuographique. Il s'agit des mécanismes par lesquels l'œil et le cerveau perçoivent et identifient les différents éléments graphiques de l'écriture, syllabes, mots, phrases. Or ce que nous enseignent les recherches sur la perception, c'est que la vision n'est pas panoramique. L'acuité visuelle n'est réalisée que par une toute petite partie centrale de la

rétilne, la fovéa, qui ne « voit » que dans un angle de deux à quatre degrés, alors que le champ visuel total couvre 220 degrés (voir la figure page 38). Les analyses de la lecture réalisées avec une caméra élaborée montrent que les yeux remuent sans arrêt à raison de trois saccades oculaires par seconde de façon à ce que les cibles (visages ou mots) soient en face de la fovéa.

Percevoir et analyser des groupes de 5 lettres

Le regard se fixe généralement sur chaque mot du texte, car la fovéa étant très petite on ne voit avec acuité qu'un mot d'environ quatre ou cinq lettres. Ainsi, la méthode strictement globale, qui consiste à faire apprendre des phrases entières, ne permet pas l'analyse des mots ni des lettres. *A fortiori*, elle n'autorise pas une analyse orthographique correcte du mot, puisque les zones fixées correspondent généralement à des parties de mots et non à un mot entier.

Le deuxième type de codage, dit phonologique, réalise une équivalence entre graphèmes et phonèmes. Lorsque nous lisons, les

En Bref

- La lecture met en jeu quatre types de « codage » mental : la perception des éléments graphiques, leur association avec des sons particuliers du langage, le développement de la mémoire lexicale (des mots) et celui de la mémoire du sens des mots et des phrases.
- Chaque méthode d'apprentissage, la globale et la syllabique, développe plus ou moins ces quatre codages.
- Apprendre la lecture en utilisant les deux méthodes est donc essentiel ; c'est d'ailleurs ce qui se fait dans les écoles en France.

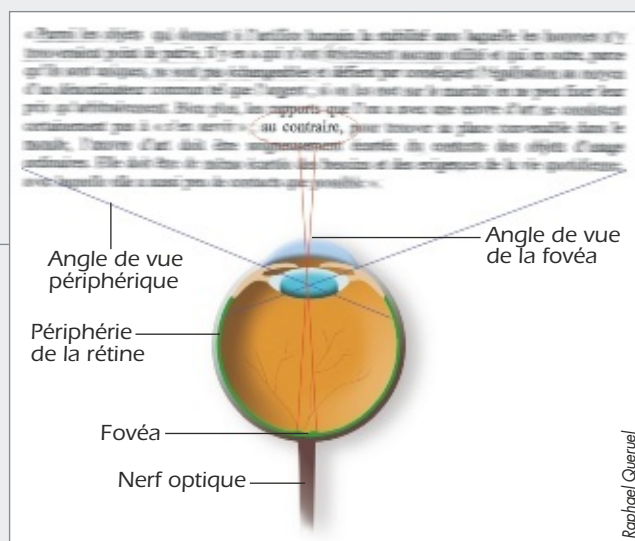
mots ne sont pas « photographiés » ni envoyés directement en mémoire sous forme globale. Au contraire, il faut chez l'apprenti lecteur une étape précoce de décodage entre l'assemblage des lettres pour les transformer en phonèmes (c'est le codage graphèmes-phonèmes). Cette étape est nommée par les chercheurs « maîtrise phonologique ». De nombreux travaux de recherche (notamment la synthèse de Linnea Ehri à l'Université de New York à partir de 38 études) montrent que l'entraînement à la maîtrise phonologique facilite l'apprentissage de la lecture.



Marcel Morij / Shutterstock

Le champ fovéal

est minuscule et ne permet de voir net qu'un seul mot à la fois. La périphérie de la rétine couvre un grand angle, mais la vision y est floue.



Vient ensuite le codage lexical : dans la lecture, les lettres (orthographe) ou les sons (codage lettres-phonèmes) servent d'indices pour retrouver les bons mots dans la mémoire lexicale. C'est pourquoi, par exemple, les enfants se trompent de mots lorsque certains indices se ressemblent. Ils lisent « bateau » à la place de « barreau ». Des expériences montrent naturellement que, plus le vocabulaire est riche, plus la lecture est correcte et rapide.

Enfin, intervient le codage sémantique, qui sous-tend la compréhension de ce qui est lu. Pour comprendre, il faut connaître la fonction du mot dans la phrase, identifier le mot sous différentes formes conjuguées (syntaxe), les marques de temps, d'où la nécessité d'exercices appropriés.

Les méthodes mixtes se sont imposées

Toute méthode est bonne du moment qu'elle permet ces quatre codages fondamentaux. Faute de recherches avancées, les premiers psychologues et pédagogues ont eu l'intuition de certaines de ces étapes, mais parfois en excluant l'une ou l'autre, d'où les critiques formulées par la suite par les enseignants et les chercheurs. Les concepteurs des méthodes récentes ont pris en compte ces critiques, si bien que les méthodes actuelles sont majoritairement mixtes, c'est-à-dire faisant appel à plusieurs des éléments évoqués ci-dessus. Il est évident que plus une méthode met l'ac-

cent sur les codages visuographique et phonologique, moins elle est globale. À l'inverse, une méthode entièrement globale met uniquement l'accent sur les codages lexical et sémantique. Dans la réalité, c'est un mélange des quatre qui est pratiqué par les enseignants. C'est ce que révèle l'enquête (réalisée sur 1 253 enseignants) de Éliane et Jacques Fijalkow, de l'Université de Toulouse, pour le ministère de l'Éducation nationale en 1993.

La plupart des enseignants sont d'accord

Selon cette enquête, 91 pour cent des enseignants insistent sur « la maîtrise des correspondances entre les lettres et les mots » (codage phonologique) et 85 pour cent souhaitent que les élèves puissent reconnaître des mots ou les anticiper dans une phrase (codages lexical et sémantique). L'étude montre aussi que l'accent mis sur l'activité plutôt phonologique ou sémantique varie au cours de l'année. Ainsi, pour le plus grand nombre des enseignants français (et suisses), en début d'année les deux tiers du temps sont consacrés aux activités « structurantes » (codage phonologique) et un tiers aux activités significatives, mais ce rapport s'inverse en fin d'année.

En conséquence, sur le terrain de la pratique scolaire, on est loin d'une guerre civile entre partisans de la lecture syllabique et les tenants de la méthode globale : la majorité des enseignants pratiquent... les deux ! ■

Bibliographie

A. Lieury, *Tous les secrets de votre cerveau*, Dunod, 2012.

A. Lieury, *Psychologie cognitive*, Coll. Manuels visuels de licence, Dunod, 2008.

R. Goigoux, *Apprendre à lire à l'école : les limites d'une approche idéovisuelle*, in *Psychologie Française*, vol. 45, 2000.

E. Jamet, *Lecture et réussite scolaire*, Dunod, 1997.

J. Gombert et M. Fayol, *La lecture, compréhension*, in *Manuel de Psychologie pour l'Enseignement*, sous la dir. de D. Gaonac'h et C. Golder, Hachette, 1995.



Elena Rostunova / Shutterstock

L'apprentissage dans le cerveau

Quelles capacités cognitives sont sollicitées par un apprentissage ? Quelles sont les aires cérébrales qui y participent ? Les mécanismes neurocognitifs impliqués se révèlent, et l'on découvre qu'il est possible de les stimuler et de les entretenir.

Les neurosciences inspirent l'enseignement

Psychologues et neuroscientifiques identifient six grandes capacités cérébrales à prendre en compte pour favoriser les apprentissages. D'où l'intérêt d'établir des passerelles entre les recherches et les pratiques enseignantes.

Daniel Favre,
docteur
en neurosciences,
est professeur
en sciences
de l'éducation
à l'IUFM
de Montpellier.

A l'heure où tant de questions se posent sur l'enseignement, on se prend à rêver : et si les connaissances sur le cerveau dont nous disposons aujourd'hui servaient à mieux comprendre comment les élèves apprennent et à mieux cibler les méthodes et stratégies utilisées pour transmettre les connaissances ? Mais dans les sphères de l'enseignement, on ignore à peu près tout de la façon dont notre cerveau permet d'avoir prise sur le temps et l'espace, l'attention, la motivation et, d'une façon générale, la régulation des émotions.

Aujourd'hui, on peut se demander pourquoi ceux qui conçoivent la formation des

enseignants n'ont pas jugé pertinent d'introduire, comme pour les futurs psychologues, des bases de neurosciences. Car c'est bien le cerveau qui permet d'apprendre, et ce dernier obéit à des règles de fonctionnement.

Les neuroscientifiques savent à quel point émotion et cognition sont liées. L'apprentissage n'est pas possible sans que ne se produise une déstabilisation cognitive, un processus d'« assimilation et d'accommodation » comme l'a nommé le psychologue suisse Jean Piaget (1896-1980). Cette déstabilisation cognitive qui a des répercussions au plan affectif engendre dans un premier temps une frustration liée au fait que ce que l'on savait n'est plus pertinent et qu'on doit le remettre en question. En effet, la nécessité de l'apprentissage se présente quand on s'aperçoit que nous ne disposons pas des savoir-faire ni des ressources nécessaires à la résolution de tel ou tel problème. Il faut alors sortir de la sécurité de la routine, et tant que l'apprentissage n'est pas terminé, les frustrations s'accumulent à chaque « raté ». Ces frustrations résultent presque toujours du fait que nous prenons conscience que nous ne sommes pas tout-

En Bref

- Six fonctions cognitives et affectives jouant un rôle clé dans l'apprentissage ont été identifiées.
- Ces fonctions cognitives sont toutes sous-tendues par une même aire cérébrale : les lobes frontaux.
- Une meilleure prise en compte de cette réalité psychobiologique éviterait sans doute bien des échecs scolaires.

puissants et que nous devons rectifier l'image que nous avons de nous-mêmes, ce qui nous rend plus modestes. C'est le désir d'obtenir « tout, et tout de suite » qui, parce qu'il n'est pas satisfait, peut engendrer des frustrations de plus en plus difficiles à supporter.

« Naturellement » motivé

La déstabilisation cognitive et affective présente dans tout apprentissage ouvre chez l'« apprenant » une période de vulnérabilité au cours de laquelle il ne faut pas l'affaiblir. Car l'élève affaibli peut devenir à son tour affaiblissant : l'échec scolaire entraîne la violence scolaire, comme l'ont montré diverses études.

Heureusement, le cerveau de l'homme et de nombreux mammifères est également organisé pour fournir des « récompenses biologiques », en particulier sous forme de dopamine, à l'individu qui explore et résout des problèmes ou surmonte des difficultés. On a montré que c'est précisément au moment où le rat

résout l'énigme posée par un labyrinthe que son cerveau libère de la dopamine dans sa partie préfrontale (voir la figure 2). Des émotions agréables peuvent donc accompagner un apprentissage réussi. Comme chacun a pu le vérifier par lui-même, tout apprentissage réussi, tout gain d'autonomie procure un plaisir particulier qui n'est dû qu'à soi-même. L'apprentissage est « naturellement » motivé, sans qu'il soit besoin d'une source externe.

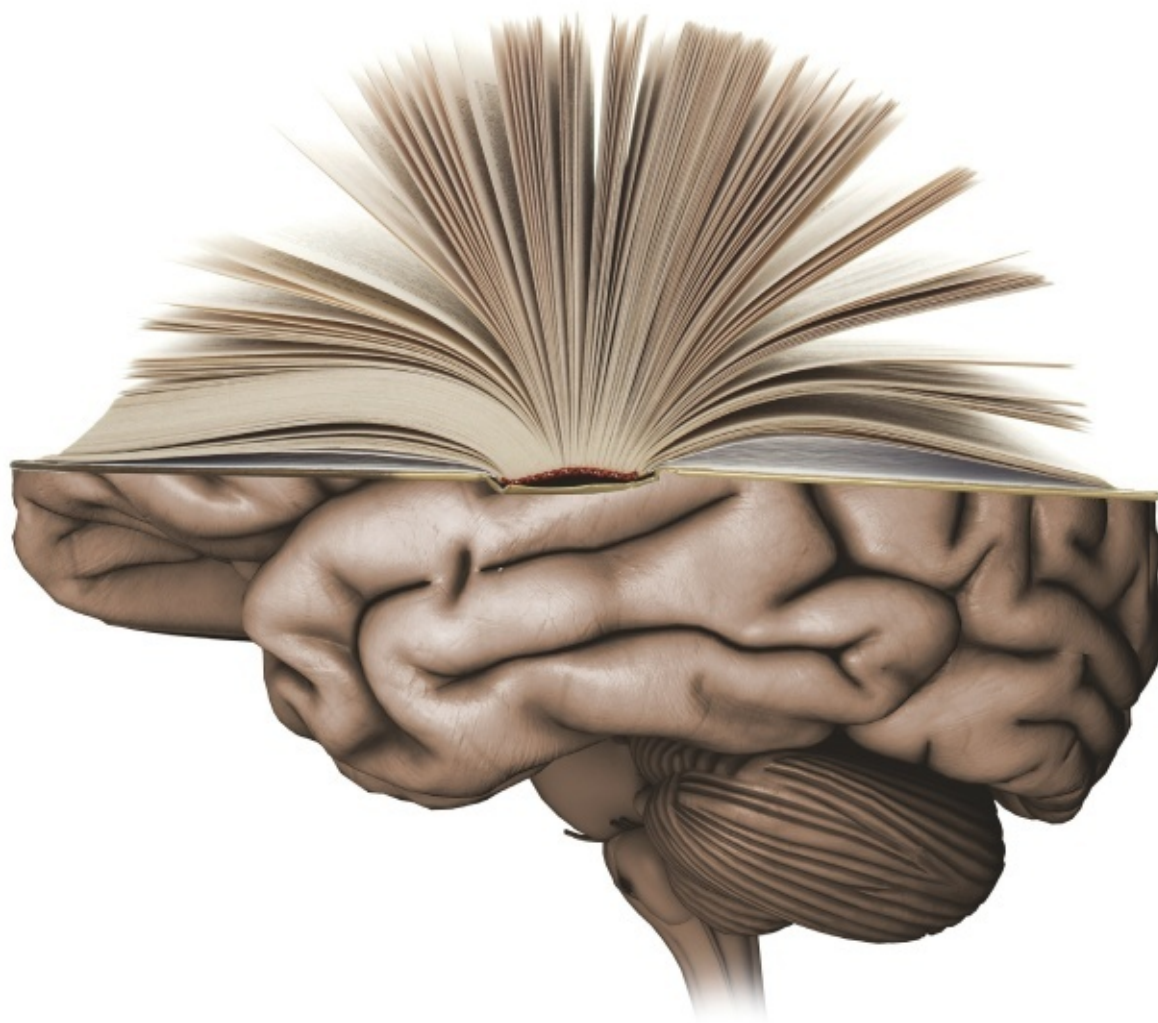
Que conclure de ce préambule ? Qu'apprendre suscite des émotions différentes selon les personnes et aussi selon que l'apprentissage en est à son début, en cours ou terminé. Tout porte à penser que lors d'un apprentissage au moins deux types d'émotions et de motivations opposées et complémentaires, de l'ordre de la perte de sécurité pour la première et du plaisir d'innover pour la seconde, animent l'apprenant.

Le phénomène d'assimilation et d'accommodation met aussi en exergue l'importance de la flexibilité mentale dans les processus d'apprentissage. Ce qui suscite de l'anxiété

1. Les savoirs se mémorisent

et se construisent grâce au cerveau.

Et pourtant, les professionnels de l'enseignement connaissent encore assez peu les grandes lois du fonctionnement cérébral.



2. La dopamine, une substance associée au plaisir, est libérée dans le cerveau quand on apprend à trouver la solution à un problème.

Le neuroscientifique allemand Holger Stark a étudié le comportement de rats cherchant la solution à des difficultés (*ici, atteindre une récompense dans un labyrinthe*). Le plaisir est éprouvé même en l'absence de récompense explicite, preuve que le cerveau est naturellement motivé pour l'apprentissage.



chez l'élève en situation d'apprentissage, c'est bien souvent le fait de devoir renoncer momentanément à ce qu'il croyait vrai pour accéder à de nouvelles méthodes de résolution, ou à de nouvelles représentations. Cette capacité relève de la flexibilité mentale, une capacité qui dépend de certaines zones du cerveau, en l'occurrence les lobes frontaux. Ce sont aussi les lobes frontaux qui donnent la possibilité d'avoir une prise sur nos émotions, ce qui permet au jeune de ne pas être esclave de ses émotions, mais d'en prendre conscience et de les utiliser au mieux pour progresser.

Comme nous le verrons, les lobes frontaux sont la clé de l'apprentissage : comprendre leur fonctionnement et le faire comprendre aux personnes chargées de l'enseignement projette un éclairage nouveau sur la façon dont l'être humain apprend.

Une particularité de l'être humain semble résider dans la possibilité qu'il a de prendre, en partie, les « commandes » de lui-même. C'est possible pour la motricité des jambes vers l'âge de un an. Parfois, la commande est mixte : c'est le cas pour la respiration, qui fonctionne en grande partie sur un mode automatique, mais peut aussi être contrôlée volontairement, par exemple avant de plonger en apnée.

La cabine de pilotage qui offre une prise sur le temps, l'espace et nos émotions est rarement présentée aux élèves et peu d'enseignants ou de parents connaissent les possibilités du cerveau de ceux dont ils ont en charge l'éducation. C'est la conscience qui fait l'objet de l'éducation ; or la structure nerveuse, qui offre la possibilité de « prendre conscience », est constituée essentiellement par nos lobes frontaux.

Ces aires antérieures du cerveau font partie des structures nerveuses apparues le plus récemment dans l'évolution des vertébrés. Ce sont également celles dont la maturation s'achève en dernier puisque la fin de la myélinisation des fibres nerveuses des lobes frontaux humains a lieu vers l'âge de 15-16 ans. Le volume des lobes frontaux augmente au cours de la croissance pour constituer chez l'homme presque un tiers de la totalité du cortex, un record absolu chez les primates (*voir la figure 3*).

Que font les lobes frontaux en classe, lorsque le professeur fait son cours ? Ils remplissent six grandes fonctions, qui peuvent aussi être considérées comme six grands « pouvoirs » donnés à un sujet sur le temps, l'espace et l'affectivité. Trois de ces fonctions – capacité de représentation, flexibilité mentale et planification – donnent à l'élève une prise sur le temps au cours de l'apprentissage ; deux autres – attention et initiative – lui confèrent un pouvoir sur l'espace. La dernière, la modulation émotionnelle, permet de réguler son niveau d'émotivité pour tirer le meilleur parti des situations d'apprentissage. Voyons en quoi consistent ces six grandes fonctions.

Voir les yeux fermés

La première fonction des lobes frontaux est l'évocation de ce qui n'est pas présent : c'est la capacité de représentation mentale. La permanence des perceptions sensorielles en l'absence de nouveaux stimulus est, en effet, la condition nécessaire pour disposer de représentations durables du monde et de soi. On peut ainsi évoquer le visage d'un parent ou d'un ami, sa chambre d'enfant. Tout se passe comme si, au-

dessus du plan des yeux et à environ 30 centimètres en avant, dans un « espace psychique privé », nous pouvions convoquer d'anciennes perceptions sensorielles visuelles. Il en est de même pour les autres sens : auditif, olfactif, tactile ou vestibulaire, mais les évocations sont moins faciles à repérer spatialement. Avec nos lobes frontaux, nous voyons sans les yeux, entendons sans les oreilles...

Cet espace de simulation pourrait permettre d'apprendre les yeux fermés. Voici un exemple en géométrie inspiré de la pédagogie de Caleb Gattegno, auteur en 1972 de l'ouvrage *Ces enfants : nos maîtres ou la subordination de l'enseignement à l'apprentissage*. Cette leçon particulière commencerait ainsi : « Veuillez fermer les yeux et visualiser un carré ou un rectangle vertical. Une fois que cette image est stable, visualisez un axe vertical qui coupe les deux côtés horizontaux par leurs milieux et faites bouger ce carré ou ce rectangle autour de cet axe qui reste fixe. Une fois que le quadrilatère a été rendu mobile autour de cet axe, faites-le tourner de plus en plus vite... Que voyez-vous ? » Ce petit exercice, qui doit nous montrer le cylindre engendré par la rotation du carré ou du rectangle, présente l'avantage de fournir une expérience perceptive personnelle avant de se voir attribuer par l'enseignant la définition du cylindre et la formule qui permet de calculer son volume.

Dans cet exemple, l'élève devient acteur et explorateur ; celui pour qui cet exercice est plus difficile ou inhabituel pourra être accompagné afin de voir avec lui à quelle étape il n'y parvient pas et pourquoi.

Je connais plusieurs professeurs d'éducation physique et sportive qui, intuitivement,

ont utilisé la « pédagogie des yeux fermés » pour faire effectuer mentalement à des élèves un exercice complexe leur paraissant impossible, par exemple un saut au cheval-d'arçons. Ce faisant, ils ont permis aux élèves de repérer l'étape qui les bloquait et, après quelques simulations mentales, de se débloquer et de visualiser l'ensemble du mouvement... Puis de le réaliser effectivement ! Chaque enseignant peut essayer de reprendre, en classe, cette notion fondamentale concernant les lobes frontaux : il s'agit de travailler sur la visualisation et l'imagination, deux actes mentaux qui stimulent ces aires cérébrales et aident à mieux aborder les concepts traités.

Se remettre en question

La deuxième grande fonction des lobes frontaux permet d'échapper à la répétition et, par conséquent, d'apprendre. Il s'agit de la capacité d'abandonner une règle, une façon de résoudre un problème, une représentation ou un comportement, pertinents à un moment donné, mais qui ne correspondent plus aux exigences d'une situation nouvelle.

Si apprendre consiste, comme on le pense actuellement en sciences de l'éducation, à changer de système de représentation, alors chacun dispose de l'équipement nécessaire pour apprendre tout au long de sa vie. Rappelons que, d'après le principe d'assimilation et d'accommodation de Piaget, l'élève doit pouvoir se séparer d'anciennes représentations pour les faire évoluer face au problème à résoudre. Or si le changement de règles dans un test classique de flexibilité mentale en laboratoire se fait sans difficulté,

3. Les lobes frontaux (en blanc) se sont développés au fil de l'évolution, durant des millions d'années. Notre espèce a progressivement acquis des capacités cognitives, telles que la planification, l'attention ou la capacité de représentation, qui sont aujourd'hui les piliers de l'apprentissage chez l'enfant. L'enseignement gagnerait certainement à tenir compte de l'existence de ces capacités spécifiques de l'être humain qui se sont élaborées au fil du temps.



4. Jean Piaget, psychologue suisse, a étudié le développement des capacités cognitives de l'enfant et a proposé le concept d'assimilation et d'accommodation, selon lequel un élève doit déstabiliser ses représentations préexistantes pour qu'elles puissent s'adapter au nouveau problème à résoudre.



l'attachement affectif à des idées et la nécessité de les remettre en question se révèlent parfois anxiogènes.

À mon sens, cette période de vulnérabilité pour les élèves devrait faire l'objet d'un accompagnement sur deux plans. Sur le plan émotionnel, il s'agirait de faire prendre conscience à l'élève de sa propre peur de se tromper, pour qu'il puisse s'en libérer au moins en partie. Sur le plan cognitif, cette situation de remise en question des idées préalables peut être l'occasion de réfléchir de façon moins dogmatique et de se dégager de l'emprise des certitudes. Pendant cette période d'apprentissage, on peut inviter les élèves à préciser leur pensée, à faire des hypothèses, à se tromper, recommencer, tâtonner, utiliser les erreurs comme des informations pertinentes. De cette façon, l'abandon des idées préalables n'est plus vécu comme angoissant, mais comme un moyen de progresser.

C'est pourquoi il est important de créer un climat de sécurité, sans jugement ni stress, qui soit suffisant pour que les émotions accompagnant la déstabilisation cognitive ne soient pas trop fortes et ne provoquent pas une inhibition des lobes frontaux. Les évaluations PISA de l'OCDE (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) de 2003 ont montré que les élèves français sont sept à huit fois plus nombreux qu'en Finlande à se déclarer stressés durant un contrôle de mathématiques.

Se projeter dans l'avenir

Une troisième fonction temporelle des lobes frontaux confère la capacité de se représenter l'avenir, de former un projet ou de se construire un programme d'action et de vérifier son exécution. Grâce aux lobes frontaux, il devient possible de sortir de la logique de

l'immédiateté pour se projeter dans une temporalité plus longue en introduisant une liberté nouvelle : celle de créer un projet personnel permettant ainsi à un sujet potentiel en devenir de se manifester.

Pour utiliser cette capacité, chaque élève gagnera à avoir une idée claire de la tâche à accomplir. L'élève doit aussi avoir conscience du temps de son parcours, qu'il s'agisse de l'année scolaire ou, au minimum, d'un trimestre. À cet égard, c'est l'enseignant qui peut lui permettre de repérer un point de départ et un point d'arrivée. Comment ? En réalisant ce qu'on pourrait appeler une « évaluation diagnostique ». Il s'agit pour l'élève d'acquiescer une vision claire de ce qu'il sait faire, en début d'année. Une telle évaluation doit être très précise en fonction de la matière enseignée et du niveau scolaire. De cette façon, l'élève sera en mesure de se représenter ses compétences réelles, ce qu'il a déjà acquis par apprentissage, et les compétences et connaissances qu'il doit acquiescer pour passer dans la classe supérieure ou s'orienter vers les spécialités de son choix.

Prendre des initiatives

Les trois fonctions temporelles des lobes frontaux agissent en synergie. Par exemple, la réalisation d'un projet nécessite d'accéder à un espace de représentation et de simulation mentale où sont convoquées d'anciennes perceptions sensorielles ; de pouvoir se dégager de la répétition et de ce qui a été une solution pertinente, mais dans un autre contexte ; enfin, de se représenter l'écoulement du temps à venir. Les deux fonctions suivantes des lobes frontaux, la capacité d'initiative et l'attention, concernent la relation de l'élève avec l'espace.

La première lui confère la capacité de déclencher une suite de gestes pour résoudre une tâche donnée. Les neurobiologistes distinguent deux sortes de mouvements à cet égard : d'une part, ceux qui sont hétérodéterminés (c'est la réaction d'un sujet qui obéit à une consigne telle que « Lorsque la lampe rouge s'allumera, vous prendrez avec votre main droite le cube qui est posé sur la table devant vous ! ») et, d'autre part, les mouvements autodéterminés (« Quand vous le déciderez, prenez le cube ! »).

Dans le premier cas, les lobes frontaux sont inactifs. Les personnes aux lobes frontaux lésés restent capables de produire de tels mouve-

ments en réaction à des injonctions. Toutefois, dans le second cas, les lobes frontaux sont les premières zones du cerveau à devenir actives ; ce sont eux qui déclenchent le mouvement. Tout se passe comme si, dans cette partie de notre cerveau, existait une interface séparant l'espace psychique de représentation (le fait de se représenter un cube, une décision, un mouvement) et les neurones qui commandent la longue chaîne d'effecteurs (allant des aires motrices corticales aux motoneurones de la moelle épinière responsables de la contraction des différents muscles) permettant de saisir l'objet en question.

Quel enseignement en tirer ? Certains professeurs donnent à leurs élèves des consignes du type : « Prenez le livre de mathématiques, allez à la page 32, faites l'exercice numéro 4 ! » Il est évident que de telles consignes placent les élèves en « référence externe », où ils décident de leurs conduites en réaction à une stimulation qui leur est extérieure. Je trouve important que les enseignants puissent ménager des pauses pour solliciter un peu plus les lobes frontaux de leurs élèves en leur permettant de passer, au contraire, en référence interne. Par exemple : « Quand vous pensez avoir compris telle notion, choisissez un exercice dans telle liste pour vérifier que vous l'avez effectivement comprise et inventez une méthode personnelle pour mémoriser cette définition. »

Car c'est bien l'enjeu de l'éducation et de l'apprentissage : à chaque étape de la vie scolaire, du primaire à l'université, l'élève doit s'autodéterminer, acquérir toujours plus d'autonomie. Alors, proposons-lui le plus tôt possible un type d'interaction avec l'enseignant qui favorise la prise d'initiative personnelle. Souvent, il suffit que l'enseignant s'en convainque pour que le ton change et que la référence interne soit choisie par le jeune.

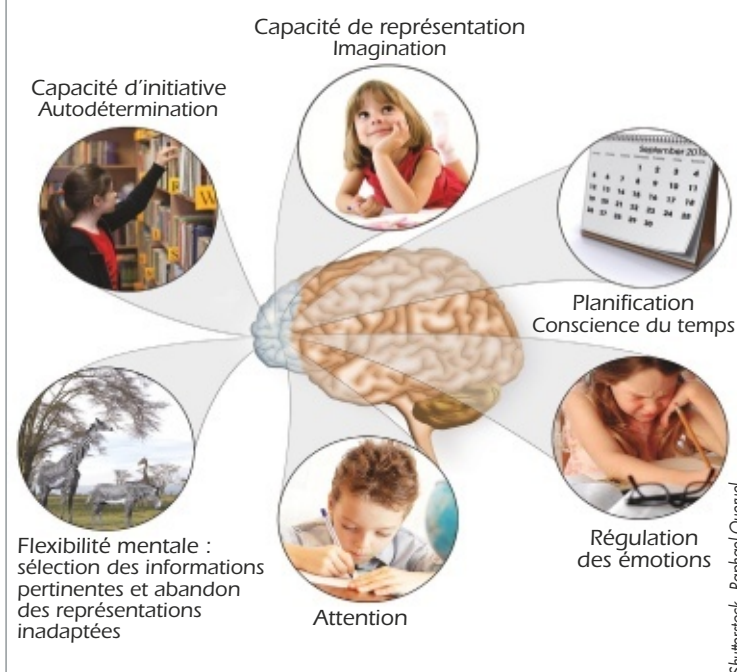
Diriger et maintenir l'attention

Mais abordons la deuxième fonction spatiale des lobes frontaux, à savoir la capacité à diriger et à maintenir durablement son attention lors de la formation et de la réalisation d'un projet. Cette capacité est nécessaire pour planifier les actes et les exécuter en conformité avec des intentions ordonnées.

L'attention sélective, imputable aux lobes frontaux, est une faculté qui se développe par la pratique et l'entraînement (voir la figure 5).

Six grandes capacités cérébrales

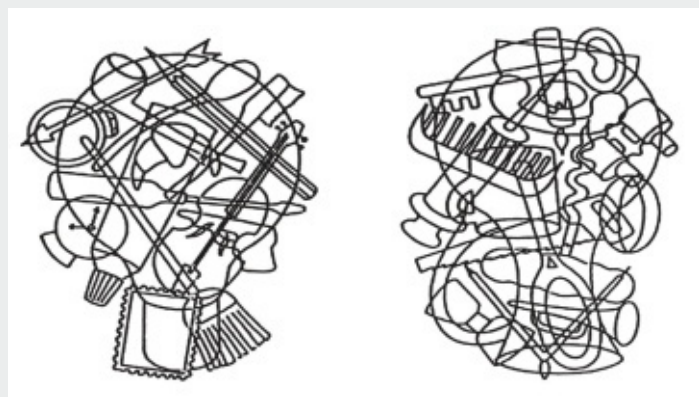
Il s'agit de la capacité de représentation (imagination), la flexibilité mentale (capacité à abandonner d'anciennes représentations pour de nouvelles plus adaptées), la planification (organiser son travail selon une échelle de temps), la capacité d'initiative (décider par soi-même de faire tel ou tel exercice), l'attention (sélectionner les informations pertinentes au milieu des autres) et la régulation des émotions (avoir conscience de l'état affectif où l'on se trouve au moment de commencer un travail). Toutes ces capacités sont associées aux lobes frontaux.



L'enjeu, au fil de la scolarité et du développement d'un enfant, est d'acquérir une certaine endurance attentionnelle, pour accéder à la résolution d'exercices de plus en plus complexes. Alors pourquoi ne pas inviter les élèves à se tester, à mesurer, montre en main, combien de temps ils arrivent à rester focalisés sur un problème à résoudre ? Et ajouter des points supplémentaires quand ils progressent ?

La capacité d'autodétermination et celle d'endurance attentionnelle, toutes deux sous-tendues par les lobes frontaux, confèrent une prise sur l'espace extérieur : la première permet de déclencher des mouvements selon des intentions, et la seconde de se repérer dans l'espace en identifiant parmi les innombrables informations qui nous parviennent celles qui sont significatives. Mais pour de nombreuses raisons, l'élève peut ne

5. Ce test évalue la qualité de l'attention, et peut aussi apprendre à l'enfant comment être attentif et le rester. L'enfant doit identifier 15 objets entremêlés. Cela l'oblige à concentrer son attention sur un motif au milieu d'une multitude d'autres informations susceptibles de le distraire.



pas être attentif à ce que l'enseignant lui propose : envie de distraction, attitude de refus ou de confrontation, besoin de sensations immédiates.

Cela nous ramène à la question des différents types de motivations qui interviennent en situation d'apprentissage : la motivation par sécurisation, à l'origine du plaisir lors de la réalisation de tâches maîtrisées, ou lorsque l'élève reçoit de l'affection ou de la reconnaissance ; la motivation d'innovation qui procure du plaisir lorsque l'élève se sent progresser, ou en phase de découverte ; et enfin la motivation d'addiction, qui favorise les conduites répétitives, en poussant l'élève à satisfaire des jugements qui ont été émis sur lui (par exemple, il rate son devoir de mathématiques, car il a toujours entendu qu'il était mauvais en mathématiques, mais il a le plaisir de se sentir exempté à vie de faire des efforts dans cette discipline). Lorsqu'un élève ne mobilise pas suffisamment d'attention lors d'un apprentissage, il faut savoir activer ces deux premières motivations (mais pas la troisième !), selon les circonstances.

Dernière caractéristique essentielle des lobes frontaux : ils sont étroitement connectés aux structures nerveuses associées à la genèse des émotions. Mais il s'agit d'une double commande, car si les lobes frontaux peuvent inhiber le fonctionnement du cerveau affectif et émotionnel, l'inverse est aussi vrai. Notre liberté d'action et de pensée réside dans la possibilité de ne pas obéir à l'impulsivité. Cela suppose d'avoir le choix entre se laisser

aller à un débordement émotionnel ou, au contraire, le moduler ou même l'inhiber selon nos projets. Quand le « pilote » donne son accord aux lobes frontaux et autorise le débordement émotionnel, agréable ou désagréable, à s'installer, ce dernier entraîne en retour une inhibition fonctionnelle temporaire des lobes frontaux et donc la perte de contrôle sur le temps, l'espace et sur les comportements provoqués par ce débordement émotionnel.

Réguler ses émotions

Dans la cabine de pilotage, le pilote qui veut conserver ce statut doit rester en contact avec ses émotions, ses sources de motivations et ses sentiments, bref avec ce qui le meut, lui donne de l'énergie ou l'en prive. Être vivant, c'est être traversé par toutes sortes d'émotions généralement peu durables allant de la détresse paroxystique aux sommets de l'euphorie et du plaisir. La « bonne santé psychologique » consiste à pouvoir rester conscient des mouvements s'opérant entre ces extrêmes.

En outre, il est d'autant plus important d'être en contact avec ses émotions que de leur intensité dépend notre perception du monde. En effet, dès lors que l'intensité des émotions (agréables ou désagréables) augmente, les lobes frontaux commencent à être inhibés, suscitant un sentiment de perdre le contrôle. Le monde intérieur et la réalité extérieure se mélangent et le sujet a tendance à projeter ses émotions et ses sentiments sur le monde extérieur. Ce sont des émotions réelles, mais qui ne sont pas forcément en relation avec la réalité.

En revanche, les émotions moins intenses n'inhibent pas les lobes frontaux. Ceux-ci, associés à d'autres structures cérébrales comme le cortex prémoteur où siègent les neurones miroirs, ont la capacité de réfléchir la réalité extérieure. Il en résulte une sensibilité à autrui, à ses émotions et ses modes de pensée (en prenant garde de ne pas les confondre avec les siens propres). Cela suppose de vérifier que l'on n'est pas soi-même dans un état de débordement émotionnel.

Savoir apprécier son état de débordement émotionnel est, pour cette raison, un préalable qui paraît indispensable à l'apprentissage. Apprendre, c'est cultiver une relation d'empathie avec l'enseignant, contrôler ses actes et ses pensées, être dans une attitude favorable.

On ne se demande pratiquement jamais, au début d'un cours, si les élèves sont dans l'état

d'esprit correspondant. Il serait profitable de procéder à cette petite vérification en début et en fin de journée, ou chaque fois que l'état émotionnel des élèves n'est pas compatible avec l'apprentissage. Il s'agit concrètement d'entraîner les élèves à repérer comment ils se sentent intérieurement, puis de leur demander de se situer sur une échelle allant d'un état « 100 pour cent agréable » à « 100 pour cent désagréable ». Une telle pratique attribue une place légitime à la dimension affective et au corps de l'élève dans la classe. Elle permet en outre aux élèves de mettre en mots les effets qu'ont pu avoir sur eux certains événements perturbants et de retrouver des conditions favorables à l'apprentissage.

Quand les lobes frontaux sont inhibés

Voyons maintenant ce qui se passe chez un élève qui, pour des raisons qui nous échappent (dysfonctionnement familial, violence ou négligence affective), est en situation de souffrance. Cette souffrance, qu'elle se manifeste par un repli sur soi ou une hyperactivité, correspond à un bouillonnement émotionnel se traduisant par une inhibition plus ou moins chronique des lobes frontaux.

Dans ce cas, l'élève peut avoir du mal à se représenter ce qu'on lui demande, à changer de représentation ou de comportement, à esquisser des projets, à se prendre en main, rester attentif et contrôler ses émotions dans la mesure où il tolère mal la frustration. On peut reconnaître dans ces six symptômes le déficit fonctionnel, heureusement réversible, des lobes frontaux. Il ne servirait donc à rien de lui en vouloir (ou de s'en vouloir) : cet élève n'est pas en état d'apprendre et les enseignants ne sont pas des psychologues mandatés pour conduire des psychothérapies.

En revanche, si l'école peut constituer un lieu où il se sent en sécurité et accepté sans jugement, il devient possible de l'observer et de repérer des fenêtres temporelles durant lesquelles ses lobes frontaux sont en quelque sorte débloqués. Il sera opportun de lui proposer à ces moments-là des apprentissages dont la réussite le fera grandir sur le plan psychologique, fonctionner davantage en référence interne, devenant ainsi moins vulnérable à des environnements familiaux peu favorables. D'ailleurs, certains enseignants savent détecter intuitivement ces périodes favorables à l'apprentissage.

Le phénomène de résilience s'explique en partie par le rôle protecteur et émancipateur de l'école. En effet, une proportion importante d'élèves disposant de « mauvaises cartes » au départ va pouvoir progresser grâce au rôle restaurateur de la motivation de sécurisation exercé par les tuteurs de résilience que sont potentiellement les enseignants.

Pour finir, gardons des lobes frontaux l'image d'une cabine de pilotage qui permet

Les lobes frontaux permettent au pilote d'établir le plan de vol de l'apprentissage et de fixer des objectifs.

au pilote d'apprendre et de s'autoréguler. C'est aux jeunes élèves d'apprendre à s'installer aux commandes de cette cabine de pilotage, mais c'est aux adultes, aux éducateurs, aux enseignants d'inciter le jeune à monter dans la cabine de lui-même en lui montrant les avantages (les six « pouvoirs » que confèrent les lobes frontaux). Toutefois, l'élève étant avant tout un sujet en devenir, il peut refuser, et il vaut mieux s'y préparer...

Et l'enseignant ?

Une réflexion s'impose à l'enseignant, lui-même doté de lobes frontaux ! Lui aussi interprète les informations sensorielles et émotionnelles qui arrivent à ses lobes frontaux et il doit rester en contact avec ses émotions et ainsi donner l'exemple. Il n'est pas équivalent d'affirmer, sur un mode « projectif » : « Les élèves sont pénibles cette année ! » ou d'analyser la situation : « Depuis le début de la matinée, je sens monter en moi de l'irritation déclenchée par le fait que deux élèves bavardent ! »

Évidemment, on ne sait pas tout des capacités d'apprentissage du cerveau humain. Mais la psychologie a fait un long chemin depuis Piaget, en devenant maintenant une psychologie de la *self regulation* compatible avec les acquis des neurosciences : un « portrait de l'apprenant » plus précis peut être ébauché. Il reste encore beaucoup à explorer sur le plan des ressources du cerveau, mais serons-nous capables de concrétiser ce savoir en pratiques d'enseignements et d'en faire bénéficier les professeurs lors de leur formation professionnelle ? ■

Bibliographie

- D. Favre et L. Simonneau,** *Learning about non-dogmatic thinking*, in V. Chatzi (dir.), *Psychology of self regulation*, Nova Science Publishers, New York, 2012.
- D. Favre,** *Cessons de démotiver les élèves – 18 clés pour favoriser l'apprentissage*, Dunod, 2010.
- D. Favre,** *Transformer la violence des élèves. Cerveau, motivations et apprentissage*, Dunod, 2007.
- H. Stark et al.,** *Learning a new behavioral strategy in the shuttle-box increases prefrontal dopamine*, in *Neuroscience*, vol. 126, pp. 21-29, 2004.
- J. Mayer et al.,** *Emotional intelligence as a standard intelligence*, in *Emotion*, vol. 1, pp. 232-242, 2001.

L'apprentissage modifie le cerveau

Le simple fait d'apprendre modifie la structure du cerveau. Les neurones se connectent davantage, et les « câbles de communication » à longue distance se renforcent pour mieux transmettre l'information.

Jan Scholtz

travaille au Centre d'IRM fonctionnelle cérébrale de l'Université d'Oxford.

Miriam Klein

travaille au Département Sobell de neurosciences motrices et des troubles du mouvement à l'Université de Londres.

Il n'y a pas d'âge pour s'instruire. Hugo, 23 ans, vient d'apprendre à jongler en deux semaines d'entraînement quotidien. Bien sûr, cela ne s'est pas fait tout seul. Au début, les balles lui échappaient sans cesse. Mais tout à coup, un déclic s'est produit, et désormais, il réussit à chaque fois. Sarah, 14 ans, a dû s'entraîner avec assiduité pour maîtriser de nouveaux pas de danse ; et puis, tout est devenu naturel. Les seniors ne sont pas en reste : Thomas, 65 ans, s'est remis aux échecs et a fait d'incroyables progrès : après un entraînement intensif face à l'ordinateur, il gagne presque toutes les parties.

On soupçonne que le cerveau de ces personnes s'est reconfiguré. Mais de quelle façon ? La réponse à cette question est cruciale, car nous sommes façonnés par l'apprentissage. Nous acquérons en permanence de nouveaux savoirs et des compétences variées. Et pourtant, les neuroscientifiques ne savent toujours pas très bien quelles modifications cérébrales accompagnent de telles acquisitions. S'agit-il d'un changement de la communication entre neurones ou de la structure même du cerveau, c'est-à-dire du substrat neuronal ?

Considérons les cellules nerveuses, ou neurones, comme les unités de traitement de l'information. Le corps cellulaire des neurones forme notamment ce qu'on appelle la substance grise qui constitue le cortex, c'est-à-dire la couche externe du cerveau. Chaque neurone reçoit des signaux de ses semblables, signaux transmis d'un neurone à l'autre par des zones de contact nommées synapses, puis véhiculés par les axones. Ces derniers sont des prolongements neuronaux connectant les neurones sur de longues distances et facilitant la communication entre les aires cérébrales, même les plus éloignées. Les axones forment la substance blanche et sont localisés sous le cortex (*voir l'encadré page 50*).

La couleur de la substance blanche est due à la myéline, une couche de graisse isolante qui entoure les axones. Cette gaine, produite par des oligodendrocytes, est indispensable à la propagation des signaux neuronaux et à la communication entre neurones. Elle assure une communication rapide de l'information, sans perte d'intensité du signal. La gaine de myéline est interrompue par ce que l'on nomme des nœuds de Ranvier, si bien que les signaux « sau-

tent » de nœud en nœud. Sans ces interruptions, les signaux se déplaceraient plus lentement et leur intensité diminuerait sur les longues distances (voir l'encadré page 52). Ainsi, la myéline influe sur la vitesse et sur l'intensité des impulsions nerveuses : plus la couche isolante est épaisse, plus la communication entre neurones est rapide.

Comment se manifeste l'apprentissage d'une nouvelle compétence ? Par une modification de la communication entre neurones. Lors de l'apprentissage d'une capacité motrice (par exemple, apprendre à jongler), la substance blanche se remodele. De nouveaux axones sont créés, ou bien la couche de myéline s'épaissit. Grâce à ces modifications, les signaux nerveux issus de l'aire visuelle seraient transmis plus vite et plus efficacement vers les régions motrices qui commandent les mouvements des mains. La coordination visuomotrice, c'est-à-dire la coordination entre les mouvements du bras et l'observation des balles, s'améliore en lien avec la tâche consistant à jongler.

La substance grise pourrait elle aussi se modifier. Qu'il s'agisse de la création de nouveaux corps cellulaires ou de nouvelles synapses, de telles modifications permettraient au

En Bref

- Le cerveau est constitué de substance grise (les corps cellulaires des neurones) et de substance blanche, les fibres nerveuses.
- On sait depuis longtemps que l'apprentissage modifie la substance grise dans les zones dédiées au traitement de l'information.
- On découvre que la substance blanche présente aussi une certaine plasticité. C'est pourquoi l'information est de mieux en mieux transmise d'une région à l'autre du cerveau au fil des apprentissages.

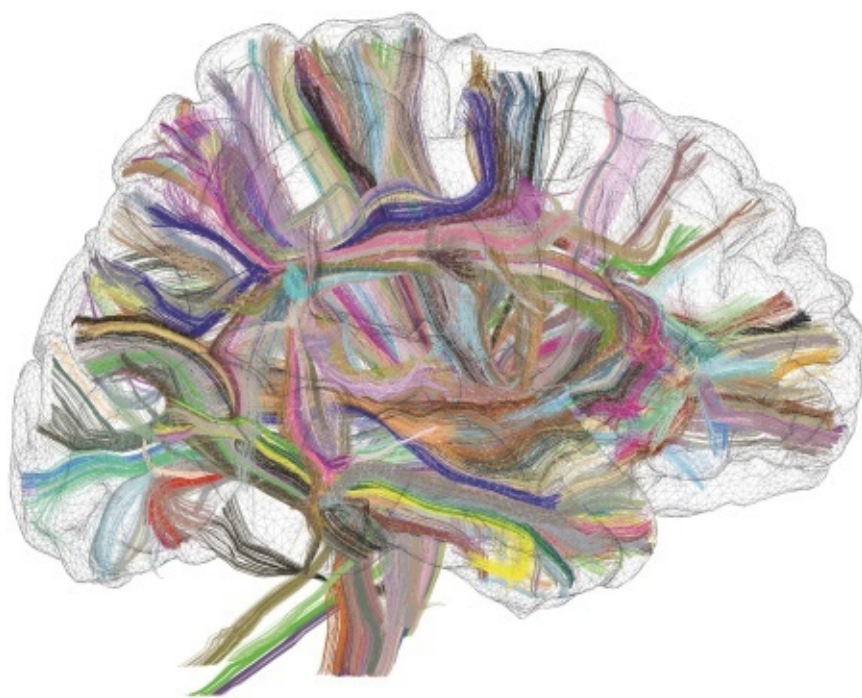
cerveau de traiter l'information de façon plus précise, améliorant la coordination des mouvements et des yeux. L'adaptation de la substance blanche conduit à une optimisation de la transmission de l'information, celle de la substance grise en assure un meilleur traitement (voir l'encadré page 51).

Augmentation de la substance blanche

L'une et l'autre sont essentielles pour optimiser les performances du cerveau. Un informaticien procède de la même façon lorsqu'il veut améliorer les performances d'un réseau numérique. D'une part, il cherche à optimiser l'ordinateur en ajoutant des programmes et, d'autre part, il peut augmenter son débit Internet pour permettre un accès plus rapide à l'information. Privilégier uniquement l'un des deux est inutile : un ordinateur performant attendant sans cesse de nouvelles informations est aussi inutile qu'un ordinateur peu performant devant gérer un flux d'informations trop rapide.

En 2004, le neurologue allemand Arne May et son équipe ont étudié les modifications cérébrales intervenant chez des apprentis jongleurs suivis à Regensburg. Ils ont observé la substance grise de 24 volontaires par imagerie par résonance magnétique, IRM, à différents stades de l'apprentissage de ces novices, pendant trois mois. Leur objectif était d'apprendre à maintenir trois balles en l'air pendant plus d'une minute. Après l'entraînement, l'examen IRM a révélé que la substance grise, siège du traitement de l'information dans le cerveau, s'était développée dans la région des lobes temporaux. Mais qu'en est-il de la substance blanche ?

C'est ce que nous avons examiné dans notre laboratoire en 2009. Là encore, 24 volontaires se sont entraînés une demi-heure par jour pendant un mois et demi, pour maintenir trois

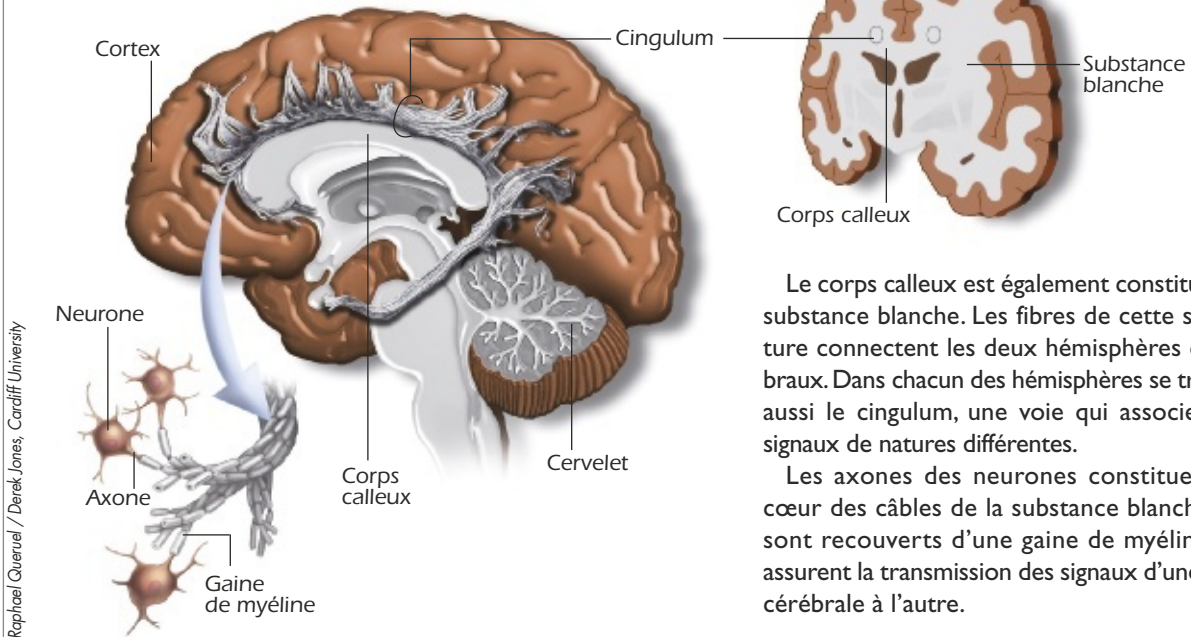


Les millions de câbles reliant les corps cellulaires des neurones des différentes régions du cerveau forment la substance blanche ; elle apparaît ici colorée sur cette image d'IRM de diffusion.

P. Guevara, D. Leblond et al., IRMN, INSERM, CEA

Des connexions dans le cerveau

Près de la moitié de notre cerveau est constituée de substance blanche, laquelle entoure les millions de fibres nerveuses reliant les différentes régions cérébrales. Ces câbles transmettent les signaux nerveux à la substance grise des régions éloignées du cortex.



Le corps calleux est également constitué de substance blanche. Les fibres de cette structure connectent les deux hémisphères cérébraux. Dans chacun des hémisphères se trouve aussi le cingulum, une voie qui associe des signaux de natures différentes.

Les axones des neurones constituent le cœur des câbles de la substance blanche. Ils sont recouverts d'une gaine de myéline. Ils assurent la transmission des signaux d'une aire cérébrale à l'autre.

balles en l'air pendant une minute. Outre les examens IRM, qui révèlent les différences structurales de la substance grise entre le début et la fin de l'entraînement, nous avons recouru à une mesure dite d'imagerie par tenseur de diffusion, qui permet d'analyser la substance blanche (voir l'encadré page 53). À la fin de l'expérience, les participants, tous débutants dans l'art de jongler, étaient devenus suffisamment habiles pour maintenir les trois balles en l'air pendant au moins deux cycles. Évidemment, le plus intéressant pour nous était l'évolution de leur cerveau : la substance grise et la substance blanche avaient augmenté, contrairement au groupe témoin n'ayant pas appris à jongler.

Les régions concernées étaient les lobes pariétaux. Cette structure sous-tend la coordination visuomotrice. Toutefois, les modifications de la substance blanche ne reflétaient pas le degré d'expertise acquis : son épaissement semblait résulter de l'entraînement régulier et non du succès ou de l'échec des mouvements.

Une autre observation nous a surpris : après une pause de quatre semaines sans entraînement, nous avons à nouveau soumis les participants à des mesures d'imagerie cérébrale.

Malgré l'absence d'entraînement, la substance grise avait continué à augmenter, ce qui n'était pas le cas de la substance blanche. Nous en ignorons encore la cause.

La gaine de myéline s'épaissit

En 2005, le groupe de recherche suédois du neuroscientifique et pianiste Fredrik Ullén, de l'Institut Karolinska de Stockholm, est arrivé à une conclusion similaire. Ces chercheurs ont mesuré la substance blanche de différents pianistes professionnels avec la même méthode. Ils ont constaté que l'épaisseur de la substance blanche était directement liée au nombre d'heures de pratique du piano pendant l'enfance. Plus le musicien avait passé de temps à jouer du piano pendant sa jeunesse, plus la couche de myéline était épaisse. C'était surtout vrai dans deux régions : la capsule interne, qui contrôle le mouvement des doigts, et le corps calleux, qui permet la communication entre les deux hémisphères cérébraux. On peut avancer deux hypothèses : soit la substance blanche s'est développée en raison de l'apprentissage assidu

Comment l'apprentissage modifie la substance grise

L'hippocampe est une région centrale du cerveau, essentielle pour l'apprentissage et la mémoire. Depuis le début des années 1970, on y étudie les mécanismes du « codage » de la mémoire, qui impliquent notamment les neurones dits pyramidaux de la région CA3 qui se projettent sur ceux de l'aire CA1 de l'hippocampe, au niveau des synapses. En quoi consiste le codage de l'information permettant de former les souvenirs et de les maintenir en mémoire ? Il correspond à un phénomène nommé potentialisation à long terme (ou LTP) de la transmission synaptique : en d'autres termes, l'efficacité de la transmission entre les neurones présynaptiques (de l'aire CA3) et les neurones postsynaptiques (de l'aire CA1) est augmentée (a).

Augmenter l'efficacité synaptique

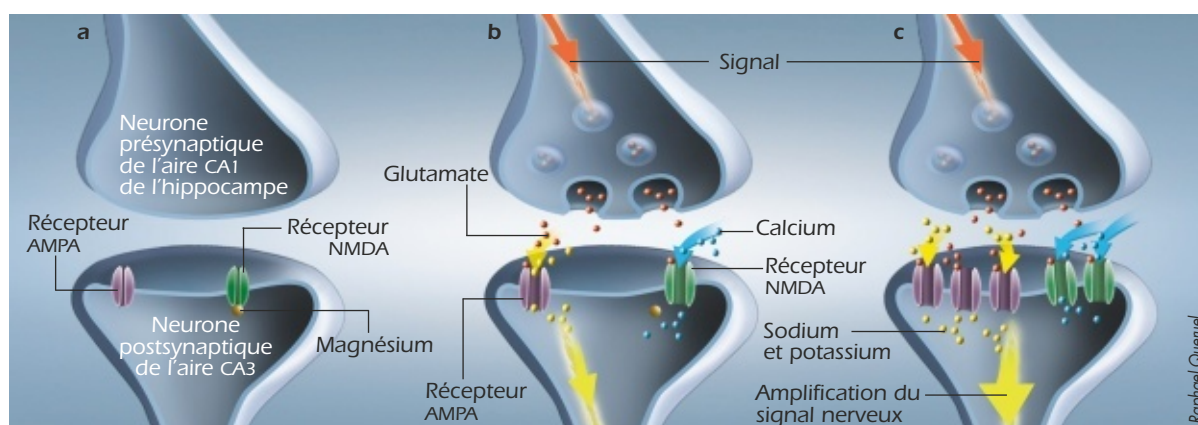
La propagation d'un signal (*en orange*) dans le neurone présynaptique déclenche la libération, dans la synapse, de glutamate, un neurotransmetteur qui se fixe sur les récepteurs postsynaptiques de type AMPA et les active (b). Ces derniers s'ouvrent et provoquent l'entrée d'ions sodium et potassium, qui dépolarisent le neurone postsynaptique et déclenchent la propagation d'un signal (*en jaune*). Or cette dépolarisation active un deuxième type de récepteurs du glutamate situés sur les neurones postsynaptiques : les récepteurs NMDA. Ces récepteurs sont inactifs quand le neurone est au repos, car des ions magnésium bloquent le canal, empêchant l'afflux d'ions. La dépolarisation élimine ces ions magnésium, de sorte que les récepteurs NMDA s'activent et permettent l'entrée de messagers cellulaires : les ions calcium. Ces derniers sont responsables de la LTP, c'est-à-dire qu'ils favorisent l'activation de l'élément postsynaptique par le neurone présynaptique : le calcium active un grand nombre de protéines dans le neurone, ce qui aboutit à une augmentation du nombre de récepteurs AMPA à la membrane synaptique de l'élé-

ment postsynaptique. Ainsi, pour un même nombre de molécules de glutamate libérées par l'élément présynaptique, la LTP permet d'activer un plus grand nombre de récepteurs postsynaptiques (c) ; l'efficacité synaptique augmente, et ce, à long terme.

Or, dans l'aire CA1 de l'hippocampe, la LTP peut ne concerner qu'un faible nombre de synapses. Cette propriété permet d'augmenter la capacité de stockage de chaque neurone. En outre, la LTP dans l'aire CA1 est associative : une forte activation d'une synapse peut faciliter la LTP des synapses adjacentes si les deux types de connexions sont activés en même temps. Cette propriété est un analogue cellulaire de l'apprentissage par conditionnement, quand on apprend par exemple à un chien que le son d'une cloche est suivi d'une récompense. La LTP est mise en place en quelques secondes, mais elle dure plusieurs jours, voire plusieurs années. En effet, la synthèse de nouvelles protéines et d'autres mécanismes moléculaires qui n'ont pas encore été élucidés provoquent des changements permanents dans les circuits neuronaux.

D'autres modifications ayant lieu dans différentes synapses se traduisent aussi par une augmentation durable de l'efficacité synaptique. Ainsi, la libération de glutamate par l'élément présynaptique peut être favorisée, en raison de l'afflux de nombreuses vésicules de glutamate à la membrane. De plus, de nouvelles synapses connectant de nouveaux neurones (c'est la neurogenèse) provoquent des changements pré- et postsynaptiques. Et l'on sait aujourd'hui que d'autres cellules cérébrales, non neuronales, participent à cette plasticité synaptique : ce sont les cellules gliales, et notamment les astrocytes. En conséquence, plusieurs mécanismes cellulaires et moléculaires permettent de stocker des informations à long terme... et par conséquent d'apprendre.

Nathalie ROUACH, Laboratoire des interactions neurogliales dans la physiopathologie cérébrale, Collège de France, Paris.



Raphaël Quenel

du piano, soit les personnes ayant naturellement une substance blanche plus développée (par exemple pour des raisons génétiques) ont plus de facilités pour apprendre le piano.

L'imagerie par tenseur de diffusion est la méthode permettant d'analyser la structure et le développement des axones dans le cerveau humain. Mais elle n'est pas assez précise, de sorte que l'on ne connaît pas le détail des modifications cérébrales intervenant lors d'un apprentissage. Les modifications observées pourraient alors avoir plusieurs causes qu'il est impossible de distinguer : soit les axones des jongleurs et des pianistes sont mieux isolés grâce à une gaine de myéline plus épaisse, soit de nouvelles connexions se créent, soit encore les axones eux-mêmes se sont épaissis. Ces trois mécanismes donneraient la même image.

Des analyses histologiques pratiquées sur des animaux de laboratoire permettent d'aller plus loin. En 1996, l'équipe de Bernard Zalc, de l'Université Pierre et Marie Curie à Paris, a mis en évidence sur des souris que l'activité épaissit la gaine de myéline autour des axones. En outre, en 2006, l'équipe de Sayaka Hihara,

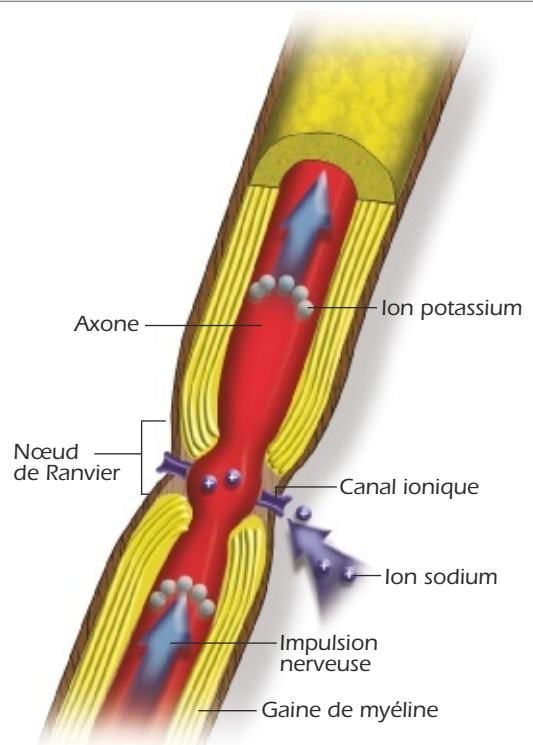
de l'Institut Riken de recherche sur le cerveau à Wako au Japon, a découvert que chez des singes, lors d'un entraînement intensif, de nouvelles connexions nerveuses pouvaient s'établir. Dans ces expériences, les biologistes ont appris à des macaques à pêcher à l'aide d'un râteau. Ils ont observé, dans les aires cérébrales impliquées dans le maniement d'outils, des connexions supplémentaires, absentes chez les animaux n'ayant pas suivi cet entraînement. Les modifications macroscopiques observées chez l'homme pourraient ainsi être dues à la fois à un épaississement de la gaine de myéline des axones et à de nouvelles connexions.

Les mécanismes cellulaires ou moléculaires mis en jeu lors de la modification de la substance blanche restent inconnus, et de nombreuses questions restent ouvertes : quelles sont les mutations génétiques ou les mécanismes physiologiques susceptibles d'influer sur la formation de la gaine de myéline ? La substance grise peut-elle être remaniée à l'âge adulte ou seulement pendant l'enfance ?

En revanche, il est avéré que si la substance blanche peut se développer, elle peut aussi

La gaine de myéline

Les fibres nerveuses transmettent les signaux électriques beaucoup plus vite et plus efficacement grâce à la gaine de myéline qui les entoure. Certaines cellules gliales, nommées oligodendrocytes, produisent des membranes lipidiques qui s'enroulent plusieurs fois autour des axones et forment cette gaine. D'autres cellules gliales, les astrocytes, peuvent stimuler le processus, puisqu'elles détectent les signaux circulant dans les axones. La gaine de myéline n'enrobe pas complètement les axones : elle s'interrompt au niveau de rétrécissements nommés nœuds de Ranvier, où la membrane de l'axone est à nu. Ce n'est qu'en ces sites dénudés qu'un potentiel d'action peut être produit par des flux d'ions traversant la membrane cellulaire. Ce signal électrochimique déclenche un nouveau flux d'ions, qui circule très rapidement dans la cellule nerveuse jusqu'au prochain nœud où il crée un nouveau potentiel d'action. L'excitation « saute » ainsi de nœud en nœud, ces derniers jouant le rôle d'amplificateurs des signaux électriques.



Les nœuds de Ranvier amplifient les signaux électriques et les envoient rapidement jusqu'au nœud suivant. Des flux d'ions traversant la membrane participent à ce processus.

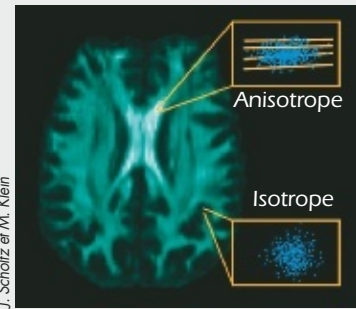
L'imagerie par tenseur de diffusion

L'IRM, l'imagerie par résonance magnétique, repose sur l'étude du comportement des protons soumis à un champ magnétique. Dans le corps humain, la plupart des protons appartiennent à des molécules d'eau, lesquelles représentent 70 à 80 pour cent du cerveau.

Grâce à leur énergie thermique, les molécules d'eau se déplacent dans des directions aléatoires – on dit qu'elles diffusent. En l'absence de frontières, elles diffusent dans toutes les directions sur la même distance : il s'agit alors d'une diffusion isotrope. Toutefois, si elles sont confinées dans un espace clos comme dans une cellule, entourées de membranes, leur parcours est perturbé et une direction de diffusion est privilégiée : celle des membranes. La diffu-

sion est alors anisotrope. L'imagerie par tenseur de diffusion tire parti de cette propriété de la matière. En repérant les directions privilégiées de l'eau dans le cerveau, la méthode permet de localiser les membranes cellulaires. Les fibres nerveuses, analogues à des tuyaux, permettent à l'eau de circuler le long de la fibre, mais limitent les mouvements dans les autres directions.

Le degré de restriction de ces mouvements de diffusion est nommé anisotropie fractionnelle. Une anisotropie fractionnelle nulle représente le cas d'une diffusion isotrope, sans direction privilégiée. Une valeur égale à 1 reflète une diffusion entièrement anisotrope, c'est-à-dire unidirectionnelle, par exemple dans une fibre nerveuse longue et fine.



J. Scholtz et M. Klein

Visualisation des axones

de la substance blanche par imagerie par tenseur de diffusion. Les espaces blancs indiquent les endroits où les molécules d'eau sont contraintes d'adopter un mouvement selon une direction privilégiée, entre membranes des axones (diffusion dite anisotrope). Les zones noires représentent les endroits du cerveau où la diffusion n'a pas de direction privilégiée, par exemple dans les ventricules (diffusion isotrope).

régresser. C'est le cas dans les maladies qui endommagent la gaine de myéline et perturbent la transmission des signaux. La sclérose en plaques, dont le mécanisme comporte vraisemblablement une attaque de la myéline du système nerveux central par des cellules immunitaires, fait partie de ces maladies. De telles attaques ralentissent, voire interrompent, la transmission du signal dans des nerfs indispensables. Le nerf optique ou la moelle épinière peuvent ainsi être touchés, provoquant des troubles visuels ou des paralysies des membres.

La maladie d'Alexander, trouble métabolique qui atteint certains enfants en bas âge, se caractérise par une production insuffisante de myéline à cause d'une mutation génétique. L'influx nerveux n'est plus conduit efficacement, et le développement moteur et cognitif de ces enfants s'en trouve ralenti. Les chercheurs soupçonnent aussi des modifications de la gaine de myéline dans d'autres maladies, qu'il s'agisse de la schizophrénie ou de l'autisme.

Les volontaires suivis dans les expériences conduites à Oxford ou à Regensburg étaient relativement jeunes. Mais les personnes âgées peuvent aussi apprendre à jongler. Quelle est la plasticité de leur cerveau ? Pour le savoir, en 2008, A. May et son équipe ont reproduit leur expérience à la Clinique universitaire de

Hambourg-Eppendorf, avec des sujets âgés de 50 à 67 ans. Ils ont constaté qu'apprendre à jongler a également favorisé un épaississement de la substance grise. En revanche, on ignore encore si la substance blanche subit aussi des modifications chez ces sujets plus âgés. Si c'était le cas, des entraînements ciblés pourraient ralentir la détérioration des connexions nerveuses associée au vieillissement.

Apprendre à tout âge

En tout état de cause, même si certaines structures cérébrales dégénèrent avec l'âge, cela ne signifie pas nécessairement que les facultés cognitives en pâtissent. Le cerveau peut s'adapter à de nouvelles situations et si la performance de certaines zones du cerveau diminue au fil des ans, d'autres aires peuvent voir leur activité augmenter.

Tout cela signifie-t-il que chacun doit apprendre à jongler pour garder un cerveau performant ? Le mélange d'apprentissage et d'entraînement physique semble effectivement une piste intéressante. Mais il existe bien d'autres compétences dont l'apprentissage contribue à la plasticité cérébrale, que ce soit la danse ou les échecs. Conclusion : il n'y a pas d'âge pour apprendre ! ■

Bibliographie

J. Scholtz et al.,
Training induces changes in white-matter architecture,
in *Nature Neuroscience*, vol. 12,
pp. 1370-71, 2009.

C. Lubetzki,
Myélinisation et sclérose en plaques,
in *Pour la Science*,
pp. 44-49, n° 323,
septembre 2004.

J.-A. Girault,
Les nœuds de Ranvier, le secret d'une conduction rapide,
in *Pour la Science*,
pp. 44-49, n° 323,
septembre 2004.

Un système cérébral de la motivation ?

Envisager une récompense, et l'obtenir ; redouter une punition, et l'éviter ; ces deux formes de motivation favorisent les apprentissages. Les neuroscientifiques commencent à identifier les systèmes cérébraux mis en jeu.

Apprendre – un nouveau métier, un théorème mathématique, un cours d'histoire, etc. – peut être une motivation en soi pour un bon nombre de personnes. Mais comment motiver quelqu'un qui ne l'est pas « intrinsèquement » ? Chaque parent ou enseignant a sa recette, et les conseils en tous genres abondent. Que nous disent les neurosciences à ce sujet ? Notre compréhension du cerveau étant encore relativement grossière, nous, neuroscientifiques, ne disposons pas de la précision requise, au regard des théories psychologiques, pour apporter des réponses irréfutables. Toutefois, pour certains débats, les données des neurosciences devraient être prises en compte. Le dilemme de la carotte et du bâton – ou comment distribuer récompenses et punitions – fait partie de ceux-là, car nous commençons à connaître les structures cérébrales mises en jeu.

Au début du XIX^e siècle, le psychologue américain Edward Lee Thorndike (1874-1949) a été le premier à s'intéresser à la « science des récompenses ». Celui-ci étudiait comment un chat pouvait apprendre à tirer sur une ficelle

actionnant la porte de sa cage, pour attraper un poisson placé dehors. L'étude commença par une série d'échecs, de sorte que Thorndike détermina comment les chats échouent à apprendre. Par exemple, il est inutile de faire une démonstration au chat, avec un expérimentateur tirant sur la ficelle : le chat n'apprend pas par imitation. Il ne sert à rien non plus de prendre la patte du chat pour tirer avec lui sur la ficelle, ni de lui faire observer l'exercice réalisé avec succès par un autre chat qui connaît l'expérience.

Le chat et l'écolier face aux récompenses

Selon Thorndike, le chat n'apprend que par « essais et erreurs ». Excité par la présence du poisson derrière la porte de sa cage, le chat se met à griffer ce qui l'entoure et en vient, par hasard, à accrocher la ficelle qui ouvre la porte. Mais ce seul succès ne suffit pas pour que le chat comprenne comment la porte s'ouvre : si on le remet dans la cage, il tâtonne à nouveau un long moment avant de réussir à déclencher le mécanisme. Toutefois, au fil

Mathias Pessiglione
est chercheur à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière, de l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris.



des tests, le chat est de plus en plus rapide pour sortir de sa cage et prendre le poisson. Cette forme progressive d'apprentissage, aujourd'hui nommée apprentissage par renforcement, fut décrite par Thorndike en 1911 comme la loi de l'effet : lorsqu'un comportement apporte satisfaction, il est plus volontiers reproduit si l'animal se retrouve dans le même contexte. Ce que l'on nomme récompense est la propriété du stimulus donnant satisfaction (ici, le goût du poisson) ; ce que l'on nomme renforcement est le processus favorisant le lien entre le contexte (la cage) et le comportement (tirer sur la ficelle).

Motivation versus renforcement

La situation étudiée par Thorndike paraît rudimentaire comparée à celle d'un écolier qui essaie de retenir une poésie pour la réciter à son professeur. Mais pour les scientifiques qui se sont efforcés de la décomposer en processus élémentaires, elle est au contraire complexe. Elle mélange notamment un mécanisme de motivation par incitation (déclenché par la vue du poisson) et un mécanisme d'apprentissage par renforcement (déclenché par l'obtention du poisson). Ce sont là deux effets des récompenses souvent confondus en pratique, mais qui peuvent être séparés : la motivation pousse l'animal à agir, tandis que le renforcement l'incite à recommencer.

Transposons cette séparation de l'apprentissage par renforcement à ce qui se passe à l'école : si le professeur annonce à l'avance que le premier de la classe aura une récompense, il motive les élèves à faire davantage d'efforts. S'il ne promet rien, mais qu'il récompense l'élève ayant bien travaillé, il renforce son comportement pour la suite.

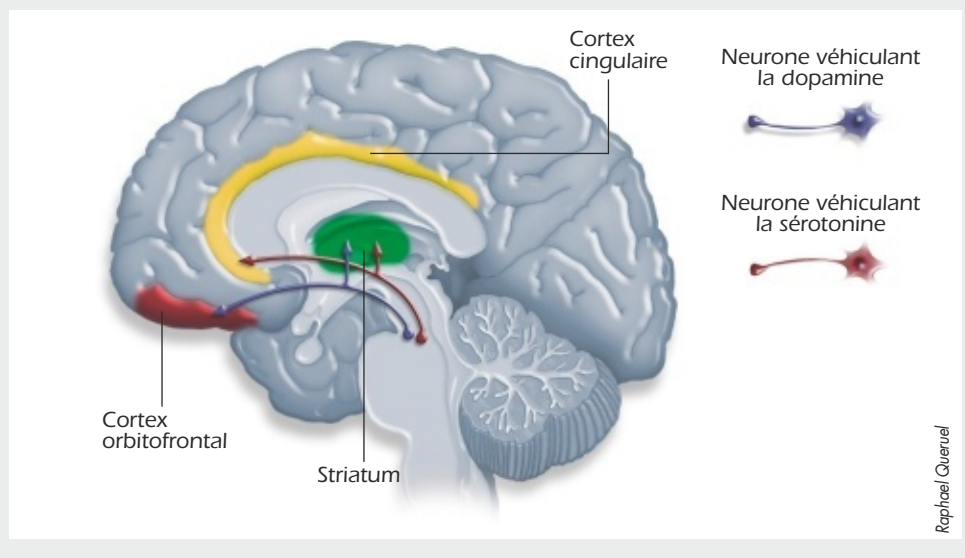
En Bref

- L'apprentissage par renforcement positif – avec récompense – met en œuvre un circuit cérébral où intervient la dopamine.
- Ce circuit comprend notamment le striatum, où se trouverait un centre de la motivation qui s'active d'autant plus que les récompenses sont importantes.
- L'apprentissage par renforcement négatif ferait intervenir d'autres structures cérébrales, qui restent à déterminer.

Glossaire

- **Apprentissage par renforcement positif :** lorsqu'une action apporte satisfaction ou récompense, elle est volontiers reproduite si l'individu se retrouve dans le même contexte.
- **Apprentissage par renforcement négatif :** lorsqu'une action engendre une punition ou une perte, elle n'est pas reproduite si l'individu se retrouve dans le même contexte.
- **Motivation :** processus par lequel les récompenses espérées guident le comportement.
- **Conditionnement instrumental :** c'est l'apprentissage par renforcement d'une association entre un contexte et une action.
- **Conditionnement classique :** c'est l'apprentissage par renforcement d'une association entre deux contextes.

1. Le circuit cérébral de la récompense comprend notamment le cortex orbitofrontal et des noyaux sous-corticaux, tel le striatum. La dopamine fait partie de ce réseau, qui s'active quand on espère une récompense et qu'on l'obtient. De même, le circuit cérébral de la punition contiendrait des régions corticales – le cortex cingulaire notamment – et des noyaux sous-corticaux. Il serait modulé par un autre messager, peut-être la sérotonine. Ce réseau s'activerait quand on redoute une punition ou qu'on en reçoit une.



Les chercheurs en neurosciences ont identifié les régions du cerveau qui s'activent quand un animal, ou un homme, anticipe une récompense ou en reçoit une. Ce sont surtout le cortex orbitofrontal, situé vers l'avant et vers le bas (juste au-dessus des orbites, derrière le front), des noyaux sous-corticaux tel le striatum, et des systèmes neuromodulateurs (qui modulent la transmission entre neurones), tel celui des neurones dopaminergiques (voir la figure 1).

Les renforcements positifs dans le cerveau

Ces régions et systèmes cérébraux forment un réseau qui est mis en jeu pour les récompenses primaires (recevoir à manger) et complexes (obtenir un diplôme). Ce réseau s'active d'abord quand on espère une récompense, et il « motive » le comportement en stimulant les régions cérébrales qui interviennent dans la tâche à accomplir, par exemple le cortex moteur s'il s'agit d'un effort physique. Nous avons d'ailleurs montré que la partie ventrale du striatum représente un nœud central de ce réseau motivationnel : elle est capable d'activer aussi bien un effort physique qu'un effort mental (voir l'encadré page 58). Puis le même

réseau signale les récompenses obtenues, et renforce le comportement en augmentant l'efficacité des transmissions neuronales dans les circuits impliqués dans la tâche.

Mais l'implication de ce réseau lors des apprentissages par renforcement est plus complexe qu'il n'y paraît. Voyons pourquoi. Après Thorndike, est né un courant scientifique nommé behaviorisme, qui s'est concentré sur ce type d'apprentissages. Ainsi, les psychologues américains John Watson (1878-1958) et Burrhus Skinner (1904-1990) ont placé des animaux (des rats ou des pigeons dans la plupart des cas) dans des situations où la récompense n'est pas annoncée, pour éliminer le phénomène de motivation. Par exemple, un rat est dans une cage munie d'une pédale qui déclenche la chute d'une graine, et rien ne permet au rat d'anticiper le phénomène ; mais vient un moment où le rat monte par hasard sur la pédale et obtient sa récompense. S'engage alors le processus d'apprentissage par renforcement, qui permet au rat d'associer l'action d'appuyer sur la pédale et l'arrivée de la récompense dans la cage. On nomme conditionnement instrumental l'apprentissage par renforcement d'une association entre un contexte et une action. Cela s'oppose au

conditionnement classique décrit par Ivan Pavlov (1849-1936), où un chien apprend à associer deux contextes (le son d'une cloche et l'obtention d'une saucisse).

Pour Skinner, l'ensemble des apprentissages se résumerait à un conditionnement instrumental. Il pensait que l'on pouvait former des pompiers ou des électriciens simplement en manipulant les renforcements. Skinner illustre ce principe en montrant qu'il avait appris à des pigeons des comportements « arbitraires » uniquement en utilisant des récompenses : par exemple, ses pigeons faisaient trois tours sur eux-mêmes la tête en bas. Mais cette vision caricaturale des apprentissages a été battue en brèche au milieu du XX^e siècle avec l'avènement des sciences cognitives et les différentes théories de la motivation. Toutefois, même s'il est invraisemblable que les processus de renforcement suffisent pour apprendre, il ne faut pas négliger leur rôle.

Apprendre de ses échecs

En outre, dans la situation proposée par Thorndike, on constate que le chat n'apprend pas seulement quand il réussit à ouvrir la porte de sa cage. Il apprend aussi de ses échecs, c'est-à-dire quand ses actions ne lui permettent pas de se libérer. Dans l'apprentissage interviennent donc des renforcements négatifs, qui limitent les actions inutiles. Dans les années 1970, Robert Rescorla, professeur émérite de psychologie de l'Université de Pennsylvanie, et Allan Wagner, professeur de psychologie de l'Université Yale, aux États-Unis, ont identifié la « grandeur » qui permet les renforcements positifs et négatifs : c'est l'erreur de prédiction, c'est-à-dire la différence entre le résultat obtenu et le résultat attendu. Autrement dit, pour le cerveau, c'est un signal de surprise précédé d'un signe « positif » quand c'est mieux que prévu, « négatif » quand c'est moins bien.

Ainsi, quand l'erreur de prédiction est nulle, on n'apprend pas, puisqu'on peut prévoir le résultat. Selon Rescorla et Wagner, d'un essai à l'autre, la vitesse d'apprentissage d'une association entre contexte et action est proportionnelle à l'erreur de prédiction : plus l'erreur est grande, plus les associations sont modifiées. Cette règle explique la dynamique de l'apprentissage, qui démarre rapidement avant de tendre vers une limite : on apprend beaucoup au départ, car le cerveau ne prévoit pas bien le résultat, puis on ne progresse plus, car le cer-

veau sait à quoi s'attendre. Où est codée l'erreur de prédiction dans le cerveau ?

Dans les années 1980, l'équipe du professeur de neurophysiologie Wolfram Schultz en Suisse étudiait l'activité des neurones dopaminergiques chez le singe. À l'époque, on pensait que ces neurones participaient surtout aux paramètres liés au mouvement, puisque leur dégénérescence dans la maladie de Parkinson provoque des symptômes moteurs. Mais W. Schultz et ses collègues ont fait une observation surprenante : lorsqu'ils donnent à un singe une récompense qu'il n'attend pas, ses neurones dopaminergiques réagissent. Puis ils ont montré que ce sont effectivement ces neurones qui codent l'erreur de prédiction pour les récompenses.

Ainsi, le mécanisme cérébral responsable de l'apprentissage par renforcement a été mis au jour : la libération de dopamine, provoquée par une récompense imprévue, renforce les synapses des circuits fronto-striataux (entre le cortex frontal et le striatum) qui ont participé au comportement. Au contraire, si la récompense n'est pas obtenue, la dopamine diminue et les synapses impliquées dans le comportement s'affaiblissent.

Si ce mécanisme est correct, les patients souffrant de la maladie de Parkinson et dont le cerveau ne produit pas suffisamment de dopamine ne devraient pas apprendre par renforcement positif. Et c'est le cas : ces patients



Szisz-Fabian Ilka Erika / Shutterstock.com

2. L'apprentissage par renforcement

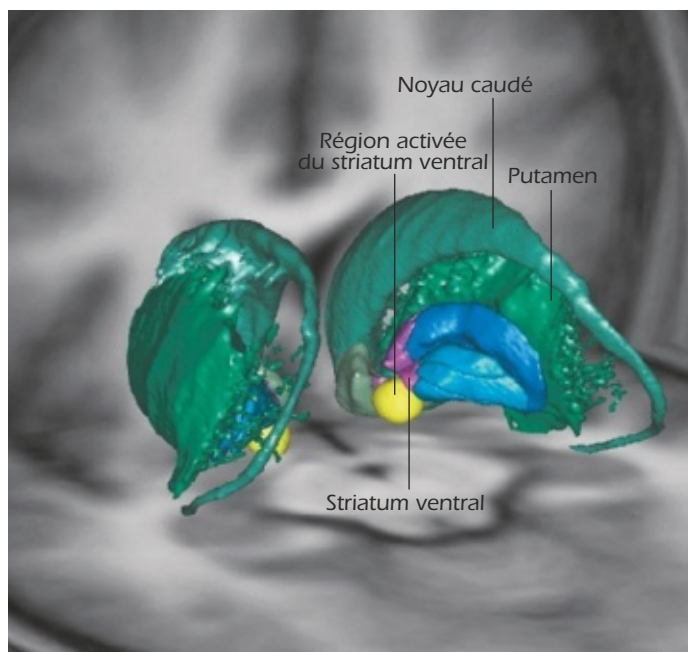
consiste à adapter son comportement en fonction des récompenses obtenues, mais aussi des punitions subies. Par exemple, si un élève a une mauvaise note en dictée, il s'appliquera davantage la prochaine fois et retiendra peut-être ses erreurs...

Un centre cérébral de la motivation ?

Quand on est motivé par une récompense, on a tendance à faire plus d'efforts ; par exemple, le sportif s'entraîne davantage s'il sait qu'il gagnera plus d'argent en finissant premier, et l'étudiant prépare mieux ses examens s'il sait que c'est important pour sa carrière professionnelle.

Nous avons cherché à déterminer si les efforts physiques et mentaux sont « dirigés » par un même centre de la motivation ou si des régions cérébrales distinctes interviennent. Pour ce faire, nous avons enregistré en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) l'activité cérébrale de 20 participants pendant qu'ils réalisaient des efforts mentaux et physiques. La tâche consistait à trouver sur un écran le chiffre le plus élevé parmi deux chiffres de tailles différentes, et à le choisir en serrant soit la poignée de la main gauche, soit celle de la main droite, selon l'endroit où se trouvait le chiffre. Les volontaires faisaient l'exercice plusieurs fois et pouvaient accumuler de l'argent chaque fois qu'ils répondaient correctement.

Ainsi, nous avons montré qu'une région précise, le striatum ventral (en violet sur l'image d'IRM ci-dessous), s'active d'autant plus que la somme d'argent en jeu et, par conséquent, le degré de motivation sont élevés. Cette région activée (en jaune) stimule la partie médiane du striatum, le noyau caudé, quand la tâche est difficile sur le plan cognitif, par exemple quand le chiffre a une petite taille, mais une valeur numérique élevée (ou inversement). En outre, le striatum ventral stimule la partie latérale du striatum, le putamen, quand la difficulté est motrice, par exemple quand les participants serrent très fort la poignée pour répondre. En conséquence, cette forme de motivation, dite extrinsèque, car elle est déclenchée par les incitations monétaires, passerait par le striatum ventral quel que soit le type d'effort à accomplir (cognitif ou moteur).



M. Pessiglione / Inserm

apprennent facilement à éviter les actions qui font perdre de l'argent (apprentissage par renforcement négatif), mais pas à répéter celles qui en font gagner (apprentissage par renforcement positif). Le déséquilibre est inverse quand ils prennent des médicaments antiparkinsoniens qui favorisent la libération de dopamine : les patients retiennent alors les comportements gagnants, mais peinent à éviter les comportements perdants. Les conséquences peuvent être néfastes : les médicaments favorisant la libération de dopamine entraînent parfois des comportements compulsifs, telle l'addiction au jeu. Comment l'expliquer ? Chez le sujet, s'installe un déséquilibre entre des renforcements positifs amplifiés à chaque gain et contrôlés par la dopamine, qui poussent le sujet à continuer, et des renforcements négatifs inefficaces à chaque perte, qui ne parviennent pas à l'arrêter. En conséquence, la dopamine permet d'obtenir des « carottes », mais pas d'éviter les « coups de bâtons » (nous reviendrons sur ce second aspect).

La dopamine, pour obtenir une « carotte »

Ce rôle attribué à la dopamine a été confirmé dans une autre pathologie : le syndrome de Gilles de la Tourette. Les patients souffrent de tics moteurs et vocaux qu'ils ne contrôlent pas et qui compromettent leur insertion sociale. Parmi ces tics, on retient souvent les copropraxies, c'est-à-dire les injures et les obscénités que certains patients ne peuvent s'empêcher de proférer. Les sujets souffrant de ce syndrome ont trop de dopamine dans leur cerveau, et on les soigne par des médicaments antipsychotiques, qui bloquent la transmission dopaminergique.

D'ailleurs, la libération trop importante de dopamine pourrait expliquer les tics : quand le patient a un tic, son cerveau « subit » un excès de renforcement positif, de sorte que le patient ne peut s'empêcher de répéter la routine motrice. Dans les tests de conditionnement instrumental, ces sujets sont plus sensibles aux renforcements positifs (ils retiennent les comportements gagnants) lorsqu'ils ne sont pas traités, et aux renforcements négatifs (ils évitent les comportements perdants) lorsqu'ils prennent le médicament. Cela confirme le rôle de la dopamine dans les renforcements positifs.

Ainsi, les drogues jouant sur la transmission dopaminergique ont des conséquences

importantes sur l'efficacité respective des récompenses et des punitions, et sur les apprentissages. C'est une donnée qu'il faut prendre en compte dans la mesure où ces traitements sont fréquents : par exemple, on donne aux enfants souffrant d'hyperactivité de la *Ritaline*, une molécule qui augmente la concentration de dopamine dans le cerveau.

Des études plus récentes ont montré que chez les volontaires sains, l'effet des drogues dopaminergiques varie avec le patrimoine génétique. La synthèse, la transmission et la dégradation de la dopamine dépendent de la présence de plusieurs protéines codées par différentes versions de nombreux gènes. Or, selon les versions de ces gènes, une drogue à une concentration donnée n'a pas les mêmes conséquences et peut avoir des effets opposés sur le style d'apprentissage. Ainsi, chaque individu présente des dispositions innées (les gènes liés à la dopamine) qui peuvent l'orienter vers un style d'apprentissage ou l'autre selon l'environnement où il vit, notamment les substances auxquelles il est exposé.

Le système cérébral de la récompense existe donc. Y en a-t-il un pour les punitions, le

« réseau du coup de bâton » ? On pourrait imaginer un système cérébral qui s'activerait lorsqu'on craint une punition ou lorsqu'on en reçoit une. L'identification de ce système est moins avancée, mais plusieurs pistes se dégagent. On pense qu'un autre neuromodulateur, la sérotonine, code l'erreur de prédiction pour les punitions. Et plusieurs études ont montré que les cortex insulaire et cingulaire, au cœur du cerveau, s'activent lors des situations négatives et douloureuses.

La sérotonine, pour éviter le « bâton » ?

L'existence de systèmes distincts, l'un travaillant à obtenir des récompenses et l'autre à éviter des punitions, a des conséquences importantes dans les apprentissages, notamment dans le milieu scolaire. Ce genre de motivations, dites extrinsèques, car elles sont déclenchées par des incitations positives ou négatives, permet aux élèves d'apprendre. Mais d'autres motivations, tel le plaisir d'apprendre, mettent probablement en œuvre d'autres mécanismes cérébraux... qui restent difficiles à tester au laboratoire. ■

Bibliographie

L. Schmidt et al.,
Neural mechanisms underlying motivation of mental versus physical effort,
in *PLoS Biology*,
21 février 2012.

S. Palminteri et al.,
Pharmacological modulation of subliminal learning in Parkinson's and Tourette's syndromes, in *PNAS*,
vol. 106,
pp. 19179-19184,
10 novembre 2009.

M. Frank et al.,
By carrot or by stick : Cognitive reinforcement learning in parkinsonism,
in *Science*, vol. 306,
pp. 1940-1943,
10 décembre 2004.

Offrez ou offrez-vous le livre *Maux d'artistes*



Ce livre est un recueil des articles que l'auteur a publiés dans la rubrique Art et pathologies du magazine *Cerveau & Psycho*.

Dans cet ouvrage, l'auteur s'interroge sur les liens cachés entre une œuvre d'art — une peinture, une sculpture, une composition musicale ou une œuvre littéraire — et une maladie de l'esprit que présentait son auteur.

Examinant divers chefs-d'œuvre avec un regard de psychologue, neurologue, voire psychiatre, Sebastian Dieguez analyse plus d'une vingtaine d'œuvres dont celles de Dostoïevski, Maupassant, Monet, Ravel, De Chirico, Proust, Van Gogh, etc.

176 pages • 25 euros • ISBN 978-2-8424-5101-1

Disponible en librairie ou sur www.cerveauetpsycho.fr

Apprendre par cœur ou comprendre ?

Les deux sont indissociables. Il faut valoriser l'apprentissage par cœur (tables de multiplication par exemple), mais l'acquisition des connaissances fait nécessairement appel à la compréhension et à une mémoire du sens.

Alain Lieury
est professeur
émérite
de psychologie
cognitive
de l'Université
Rennes 2,
ancien directeur
du Laboratoire
de psychologie
expérimentale.

Règles grammaticales, dates de l'histoire de France, capitales du monde, tables de multiplication : lorsqu'un élève doit assimiler toutes ces connaissances, il a l'impression d'apprendre par cœur. Il faut bien en passer par-là, même si cela peut sembler inutile. Après tout, les téléphones portables donnent aujourd'hui accès à Internet et toutes les connaissances sont à portée de main ! Mais ce serait une grave erreur de cesser d'apprendre, car le par cœur est une méthode d'apprentissage... qui en favorise d'autres, mettant en œuvre différents types de mémoire.

L'attitude des philosophes, psychologues et neuroscientifiques sur la mémorisation a connu de multiples rebondissements. De l'Antiquité à la Renaissance, la mémoire était la faculté la plus précieuse ; mais Descartes

pensait que le raisonnement suffisait, reléguant la mémoire au second plan. C'est sans doute pour cette raison, qu'au sens populaire, y compris à l'école, la mémoire est souvent réduite au sens d'apprentissage « par cœur ».

Mémoire et raisonnement

Qu'en est-il réellement ? Dans quelle mesure la mémorisation favorise-t-elle la compréhension et le raisonnement, ou les entrave-t-elle ? La conception cartésienne donna quelques signes de faiblesse lorsqu'au XIX^e siècle, le neurologue Charcot rendit la notion de mémoire plus complexe. C'est lui qui démontra notamment, en observant des cas cliniques, l'existence de « plusieurs mémoires ». Avec les connaissances de son temps, il associa ces mémoires aux sens et à la motricité : dès lors, on envisagea la possibilité de mémoires visuelle, auditive, motrice, olfactive...

Dans les années 1960, la mémoire acquiert ses lettres de noblesse. Tout se joue d'abord dans le cadre des études « homme-machine » (télécommunications, ordinateur...) où certains chercheurs vont jusqu'à penser que l'intelligence repose sur la mémoire. On met en avant une hiérarchie de mémoires spécialisées, des mémoires sensorielles aux mémoires abstraites... La mémoire sensorielle visuelle

En Bref

- L'apprentissage par cœur, parfois décrié, revient au goût du jour, car on découvre qu'il développe la mémoire lexicale.
- L'acquisition d'un vocabulaire étendu et de nombreuses notions dépend aussi de la mémoire du sens.
- L'important est de ne pas « saturer » l'élève de connaissances : des études récentes livrent quelques méthodes simples pour ne pas transformer l'apprentissage en torture inutile.

est la capacité à « photographier » par exemple une ligne de chiffres sur un écran, et à les citer de mémoire lorsque l'écran s'éteint. Diverses expériences ont montré que le nombre de chiffres rappelés diminue rapidement si l'instruction d'énoncer ces chiffres intervient plus de 250 millisecondes après l'extinction de l'écran. Cette mémoire est donc éphémère. L'équivalent dans le domaine sonore, la mémoire auditive aurait une durée légèrement supérieure, de 2,5 secondes : si l'on fait entendre à quelqu'un une suite de sons, puis qu'on lui demande de réaliser une rapide tâche de calcul mental (tâche de distraction), la capacité à citer de mémoire un des sons de la série devient très faible si la tâche de distraction dure plus de 2,5 secondes.

Ainsi, à court terme (moins de cinq secondes), une présentation visuelle de lettres ou mots est moins efficace qu'une présentation auditive. Mais le rappel des données visuelles ou auditives au bout de plusieurs secondes (environ dix secondes et plus) est équivalent. L'explication en a été donnée par le chercheur anglais John Morton : selon lui, les informations visuelles ou auditives ne font que transiter dans des mémoires sensorielles, et se retrouvent fusionnées dans une mémoire commune, la mémoire lexicale ou mémoire des mots.

Des mots au sens

Évidemment, il faut procéder à des exercices de mémorisation pour nourrir sa mémoire lexicale. C'est ce que font d'abord les parents en répétant sans fin le mot « fleur » à leur enfant lorsque celui-ci désigne l'objet en question. Et l'on comprend que sans ce « par cœur » élémentaire, aucune forme d'intelligence ne pourrait se développer chez l'enfant. Plus tard, l'enseignement de nombreuses matières se doit de poursuivre au moins en partie en ce sens, qu'il s'agisse d'apprendre des noms de lieux, d'objets, de techniques ou même de concepts. Mais la mémoire lexicale a-t-elle un lien avec la compréhension au sens large ?

La découverte d'une nouvelle mémoire, nommée mémoire sémantique ou mémoire du sens, a révolutionné la façon dont on envisage cette question. Tout commence par les recherches d'un informaticien, Ross Quillian, et d'un psychologue, Allan Collins. En 1969, ils travaillent dans une société d'informatique sur la mise au point d'un logiciel de traduction de langues étrangères. Leur idée première

est de relier, par un programme informatique, un mot d'une langue étrangère à son homologue natif. Par exemple, chaque fois que l'ordinateur rencontre dans le texte, le mot *pêche*, il traduit par *fishing*. Évidemment, les problèmes ne tardent pas à apparaître. Si la phrase est : « Pour le dessert, je voudrais des pêches Melba », on aboutit à une traduction cocasse...

L'idée géniale de A. Collins et R. Quillian fut de tenir compte du fait que la plupart des mots



1. Où est né Charles VII ? Qu'est-ce qu'un vilebrequin ? L'apprentissage est indispensable à la formation des connaissances... et au raisonnement. Mais attention à toujours vérifier que les notions apprises par cœur ont bien un sens pour l'élève.

Jurich Mosin / Shutterstock

sont polysémiques (dotés de plusieurs sens, tels disque, feuille ou pêche), et qu'il faut une interface entre le lexique étranger et le lexique natif, un « interpréteur de sens ». Cet interpréteur de sens utilise les mots du contexte (dessert, Melba...) pour choisir le meilleur sens, qui guide alors vers la bonne unité lexicale dans la mémoire lexicale. Supposant que notre mémoire est naturellement conçue ainsi, A. Collins et R. Quillian découvrent la mémoire du sens, qu'ils nomment « mémoire sémantique » (du grec *semantikos*, signification). Comment imaginer le stockage de quelque chose d'aussi abstrait que le sens ? Leur théorie repose sur deux principes.

Le premier est celui de hiérarchie catégorielle. Il stipule que les concepts de la mémoire sémantique sont classés de façon hiérarchique, les catégories étant emboîtées dans des catégories allant des plus particulières aux plus générales, à la façon d'une arborescence : la catégorie *Canari* appartient à la catégorie *Oiseau*, *Oiseau* à celle de *Vertébré*, *Vertébré* à celle d'*Animal*, etc. Le second principe, dit d'économie cognitive, veut que seules les propriétés (ou traits sémantiques) spécifiques soient classées avec les concepts associés. Par exemple, la propriété *jaune* est classée avec le concept de *canari*, mais des propriétés plus générales comme *bec* ou *ails* sont classées avec le concept d'*oiseau*.

Dans ce modèle, la mémoire sémantique est organisée sous forme d'une arborescence économique. Un élève comprend des connaissances qu'on lui propose de deux façons. Soit par un accès direct à l'information qui fournit le sens : par exemple, on sait que le canari est jaune, car l'information *jaune* est déjà stockée en mémoire. Soit par inférence : c'est

ce qui se passe si l'on demande à un enfant si un canari a un estomac. Dans ce cas, le réseau sémantique sera activé pour trouver qu'un canari est un oiseau, donc un animal, qui, par conséquent, doit avoir un estomac...

Les connaissances fondent le raisonnement

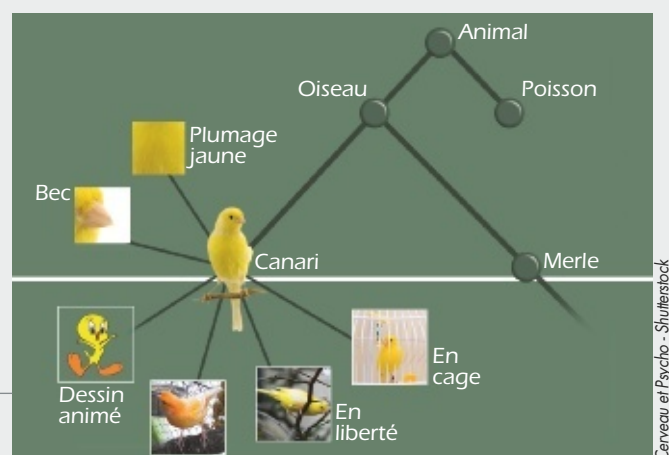
Dans ce dernier cas, l'information est reconstituée – « inférée » est le terme technique – à partir d'informations contenues dans d'autres parties de l'arborescence. Qu'est-ce que l'inférence ? Comme le montre cet exemple, c'est un raisonnement qui relève, non de la logique formelle, mais d'un réseau de connaissances. Voilà pourquoi certains chercheurs pensent que l'intelligence se nourrit de la mémoire : plus la mémoire stocke de connaissances, plus les inférences sont variées et correctes.

Évidemment, l'enfant ne naît pas avec une mémoire sémantique pré-imprimée. Comment se construit-elle ? Les souvenirs font partie de ce que le professeur émérite, de l'Université de Toronto au Canada, Endel Tulving, a nommé la mémoire épisodique, somme des événements que nous avons mémorisés. Selon lui, chaque fois que nous lisons un mot déjà connu (par exemple, le mot *bateau*) ou que nous voyons un bateau dans un port ou dans un documentaire, le concept associé fait l'objet d'un nouvel « épisode » stocké dans la mémoire épisodique.

M'intéressant aux apprentissages scolaires, j'ai fait l'hypothèse que la mémoire sémantique chez l'enfant est fabriquée à partir de l'abstraction de tels épisodes. Si le premier épisode *canari* pour un enfant est souvent

2. La mémoire fonctionne par arborescences.

Lorsqu'on demande à un enfant si un canari a un estomac, et s'il a acquis suffisamment de connaissances, il se souvient qu'un canari est un oiseau, qu'un oiseau est un animal et que les animaux ont un estomac, ce qui mobilise sa mémoire sémantique. L'enfant utilise un raisonnement par inférence. En outre, il a acquis le concept de canari en mémorisant plusieurs événements où apparaissait un canari, par exemple dans un dessin animé, dans une cage, en liberté : ces événements nourrissent sa mémoire épisodique. Mémoire sémantique et mémoire épisodique sont nécessaires au raisonnement.



Titi, il va enregistrer d'autres épisodes ultérieurement, un canari vu dans un livre, un canari dans une animalerie, un autre dans un documentaire (voir la figure 2).

Au final, des mécanismes cérébraux d'abstraction extraient les points communs de tous ces épisodes pour constituer le concept de canari. Certains auront peut-être remarqué que les définitions des adultes et des enfants diffèrent... Un adulte tend à évoquer un canari de façon générique en déclinant des propriétés générales : « C'est un oiseau, petit et jaune » tandis qu'un enfant répond plus souvent en décrivant un épisode : « Tu sais, c'est Titi »...

Ainsi, non seulement la mémorisation est nécessaire aux raisonnements par inférence, mais elle participe à la création du sens, dans la mémoire sémantique. Comment appliquer cette hypothèse à la pédagogie ? En insistant sur le fait que, pour apprendre les concepts, il faut multiplier les épisodes. En 1997, j'ai d'ailleurs intitulé cette méthode « apprentissage multi-épisode ». L'apprentissage par cœur est plutôt du domaine de la mémoire lexicale ; en revanche, pour apprendre le sens des choses et construire sa mémoire sémantique, il faut multiplier les épisodes.

Répéter, répéter, répéter...

Accompagnés de nombreux enseignants, à différents niveaux d'étude du primaire au lycée, nous avons testé avec succès cette méthode. Certes, ce type d'enseignement est plus long : exposer un cours ne constitue qu'un (gros) épisode, alors qu'ajouter une recherche sur Internet ou dans un centre de documentation et réaliser des travaux pratiques, prend beaucoup de temps. Mais ne vaudrait-il pas mieux réduire les programmes pour mieux assurer la mémorisation des connaissances ?

En tout cas, n'opposons surtout pas l'apprentissage par cœur à la compréhension. L'un et l'autre sont indispensables et complémentaires : l'apprentissage par cœur est le moteur de la mémoire lexicale, tandis que multiplier les épisodes est le moteur de la mémoire sémantique.

Lorsqu'on mémorise un grand nombre de concepts, de mots, de noms propres, de dates ou de lieux, on accède à ce qu'on pourrait appeler la connaissance encyclopédique, dont l'étendue varie selon les individus. Corroborant ce que nous venons d'expliquer sur les liens entre apprentissage des connaissances et raisonne-

Faut-il répéter à haute voix ?

La pratique de la vocalisation (ou énonciation à haute voix) a souvent été stigmatisée après mai 1968 : on l'accusait d'être une mémoire « perroquet ». Et pourtant, les recherches sont unanimes pour montrer que la vocalisation est nécessaire à la fois pour la mémorisation et pour la compréhension. Ainsi, dans des expériences où l'on fait lire ou apprendre des petits textes, la lecture se fait normalement ou en empêchant la subvocalisation (les



Chapko Danil Vilevitch / Shutterstock.com

enfants sont empêchés de « lire dans leur tête » et doivent répéter des non-mots – lalalala ou colacolacola). On évalue l'efficacité de la mémorisation : la suppression de la subvocalisation diminue l'efficacité de 40 à 60 pour cent, la note passant de 12 sur 20 (avec subvocalisation) à 7, voire 4, sur 20. La vocalisation (ou subvocalisation) est donc nécessaire à l'apprentissage. Quand la subvocalisation est répétitive, on la nomme autorépétition. Pour le chercheur anglais Allan

Baddeley, l'autorépétition est une composante essentielle de la plupart des activités cognitives (attention, calcul...). Si les récitations à voix haute paraissent bien désuètes aujourd'hui, elles sont utiles pour la construction lexicale et la mémorisation.

ment, nous avons découvert que la connaissance encyclopédique est un excellent prédicteur de la réussite scolaire, davantage que les résultats obtenus aux tests de raisonnement pur. Dans notre étude, l'élève de 6^e ayant le meilleur score de connaissance encyclopédique (4 000 termes identifiés, tels que *tangente*, *Vercingétorix*, *gerboise*) a la meilleure moyenne générale (17/20), tandis que les élèves obtenant les moins bons scores en connaissance encyclopédique ont une moyenne scolaire basse (4,5/20). Ainsi, les élèves ayant acquis moins de 1 500 mots en fin d'année de 6^e redoublent et ceux qui ont acquis moins de 9 000 en 4^e ont une moyenne annuelle insuffisante. La mémoire des connaissances (lexicale et sémantique) est cruciale pour la réussite à l'école.

Dès lors, comment mémoriser les informations de façon intelligente, sans « saturer » ? La principale limite du cerveau à cet égard est constituée par la mémoire à court terme, ou mémoire de travail. Celle-ci présente deux caractéristiques fondamentales : une capacité limitée (environ six à sept unités familiaires, mots, images, chiffres, symboles, etc.) et une faible autonomie (moins de 20 secondes). Elle



Peter Feketa / Shutterstock

3. Les maths

sont encensées dans l'enseignement français, mais les connaissances encyclopédiques (dont le vocabulaire et les notions mathématiques) prédisent mieux la réussite scolaire.

permet de garder présent à l'esprit un numéro de téléphone le temps de le composer. Si l'on ne s'efforce pas de le mémoriser par des tentatives répétées, on ne le retiendra jamais. La mémoire de travail est la première porte d'entrée de la connaissance dans le cerveau : elle organise les informations, et c'est par la répétition que ces connaissances peuvent être consolidées en mémoire à long terme.

Comment optimiser les apprentissages en sachant que la mémoire de travail ne stocke simultanément que six ou sept éléments ? En 1956, le psychologue George Miller a montré qu'un moyen de dépasser cette limite était de grouper les informations par paquets. Par exemple, plutôt que d'apprendre les noms de 16 fleuves russes, on gagnerait à apprendre les noms de quatre provinces, et de quatre fleuves par province.

Dès 1969, Gordon Bower et ses collègues de l'Université de Berkeley à Los Angeles ont montré l'efficacité de cette méthode de subdivision des tâches. Ils ont fait apprendre à des étudiants une liste d'environ 120 mots organisés en familles sémantiques – animaux, plantes, etc. –, elles-mêmes subdivisées en sous-familles (plantes comestibles, d'ornement, sauvages), puis en catégories encore inférieures (fleurs, herbes aromatiques, etc.). Pour ne pas saturer la mémoire à court terme, le nombre de mots à chaque niveau n'excède pas quatre. Les performances ont été impressionnantes : les élèves ont rappelé 70 mots au premier essai, alors que les élèves devant apprendre les mêmes mots mélangés n'en ont cité qu'une

vingtaine. Dans le groupe « subdivisé », la totalité de la liste est acquise dès le troisième essai d'apprentissage. Voilà pourquoi il est efficace d'apprendre le cours en parties et sous-parties, bien organisées selon un plan.

Plusieurs remarques s'imposent à la lumière de ces notions sur la mémoire. Tout d'abord, l'apprentissage par cœur est une composante non négligeable de l'accès à la connaissance, mais aussi au raisonnement. Par ailleurs, on gagnerait à proposer des programmes moins « lourds », et à passer plus de temps à enseigner les concepts les plus importants, en multipliant les épisodes. Enfin, il faut une vraie réflexion sur la surcharge des connaissances et des programmes : il est important de hiérarchiser sa méthode d'apprentissage selon le principe de la subdivision des informations pour tenir compte des limites du fonctionnement du cerveau. Pourtant, les enseignants ne semblent pas avoir intégré ces notions. J'en ai entendu déclarer en substance : « Comme les élèves oublient vite, si on leur enseigne beaucoup de choses, il en restera toujours un peu. »

Programmes trop chargés

Dans les années 1990, nous avons inventorié le vocabulaire « encyclopédique » (*Ramsès, diagonale* ou *notonecte*) utilisé dans les grandes matières – histoire, biologie, chimie, mathématiques, littérature, langues vivantes –, de la 6^e à la 3^e. L'inventaire dans les manuels d'anglais de 6^e de collège aboutit ainsi à un total impressionnant de 6 317 mots en 6^e, 9 500 mots en 5^e, 18 000 en 4^e et près de 24 000 en 3^e, en plus des 9 000 que compte le vocabulaire courant.

Comparé à ces « mots du programme », combien de termes un élève de 6^e, âgé de 12 ans, peut-il retenir en une année ? Au moyen de questionnaires à choix multiples, nous avons évalué ce total à 2 500 mots et concepts acquis en moyenne à la fin de l'année, soit une surcharge de 60 pour cent. Et les programmes n'ont pas été simplifiés depuis cette étude. À mon avis, il faut valoriser la diversité des matières, mais réduire les programmes dans chacune d'elles. Car la surcharge des informations est néfaste aux apprentissages, à cause, notamment, de la capacité limitée de la mémoire de travail ! Enfin, la répétition et la compréhension sont essentielles et nécessaires, car ce sont les modes d'apprentissage de deux mémoires complémentaires, la mémoire lexicale et la mémoire sémantique. ■

Bibliographie

A. Lieury, *Mémoire et réussite scolaire*, Dunod, 4^e édition, 2012.

A. Lieury et al., *Psychologie pour l'enseignant*, coll. Manuels visuels, Dunod, 2010.

A. Lieury, *La réussite scolaire expliquée aux parents*, Dunod, 2010.

A. Florin, *Le Développement du langage*, Dunod, 1999.



Elena Rostunova / Shutterstock

Les troubles de l'apprentissage

Élève démotivé, inattentif, agité, rebelle, présentant des troubles de la lecture ou somnolant en classe... Plusieurs facteurs perturbent les apprentissages. Les causes de ces difficultés sont mieux comprises, ce qui conduit à proposer soutien aux élèves ou conseils aux parents et aux enseignants.

Les racines de la démotivation

Un enfant peut être démotivé, rebelle ou il peut vouloir fuir l'école. Les motivations « négatives » sont aujourd'hui étudiées, et devraient être prises en compte à l'école.

Alain Lieury

est professeur émérite de psychologie cognitive de l'Université Rennes 2, et ancien directeur du Laboratoire de psychologie expérimentale.

Fabien Fenouillet

est professeur de psychologie cognitive et coresponsable du master 2 de Psychologie cognitive appliquée à l'Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense.

La « démotivation » est une facette de la motivation que l'on cherche à éviter, car elle interfère avec les apprentissages, à l'école notamment. L'élève démotivé n'apprend pas facilement et peut même évoluer vers une forme plus grave de démotivation : la résignation (ou le découragement), qui peut provoquer une dépression, voire le suicide. Comment parvient-on à une telle situation et peut-on l'éviter ? Nous présentons ici ce type de motivations négatives – résignation, rébellion et fuite – et montrons que les élèves concernés ont souvent les moyennes scolaires les plus faibles. Toutefois, rien n'est inéluctable.

En 1975, alors qu'il travaillait sur le stress, le psychologue américain Martin Seligman expliqua que le découragement s'acquiert quand on a l'impression de n'avoir aucune prise sur le cours des événements. Les conséquences d'un apprentissage de la résignation sont importantes dans le domaine de l'éducation, les élèves résignés dans une matière ayant souvent un niveau faible. Par exemple, Carol

Dweck, professeur de psychologie sociale, et ses collègues de l'Université Stanford aux États-Unis, ont montré que certains élèves se résignent s'ils sont confrontés à des problèmes insolubles. De même, en France, Stéphane Ehrlich et Agnès Florin, de l'Université de Nantes, ont déterminé que des élèves faibles se découragent en dictée et en mathématiques lorsque la demande est excessive, par exemple quand il y a trop de problèmes à résoudre. Et si ces élèves se découragent, c'est parce que l'enseignement n'est pas adapté à leurs capacités.

Trop de problèmes à résoudre

En 1996, nous avons obtenu le même résultat avec l'apprentissage de cartes de géographie : le découragement dépend de la surcharge de travail. Par exemple, lorsqu'une carte (l'Amérique) comporte en plus des 24 villes à apprendre, 24 noms indiqués (qu'il ne faut pas retenir), certains élèves se résignent : ils commencent à apprendre les villes aux premiers essais, comme les autres élèves, puis s'arrêtent complètement, alors que les autres en retiennent toujours plus à chaque nouvel essai. Il s'agit là d'une résignation apprise, car les élèves faibles avaient, lors des premiers essais, un rythme d'apprentissage comparable à celui des élèves motivés. Beaucoup de facteurs peuvent conduire un élève à se résigner : par exemple il ne se sent pas compétent dans un

En Bref

- L'enfant peut se résigner s'il est incapable de résoudre un problème dans une situation. Cette forme de « démotivation » peut conduire à des échecs scolaires.
- L'enfant rebelle se sent compétent, mais ne tolère aucune contrainte. À l'inverse, l'enfant faible dans une matière, mais autonome, n'a qu'une envie : abandonner.



Suzanne Tucker / Shutterstock.com

domaine, il ne comprend pas une réprimande liée à un apprentissage, il n'est pas soutenu par ses parents, etc. Tout peut alors basculer.

Mais nous pensons qu'il existe des formes de motivations négatives différentes de la démotivation. En effet, en situation de surcharge, nous avons montré que seuls quelques sujets se résignent. Par ailleurs, dans un Centre de formation d'apprentis, les professeurs nous ont raconté que lors des apprentissages répétés et monotones, certains élèves se rebellaient, c'est-à-dire qu'ils se révoltaient contre le professeur ou les contraintes que ce dernier leur imposait. Étaient-ce les élèves les plus faibles (et résignés) ? Les professeurs unanimes nous ont répondu que c'étaient en réalité les meilleurs élèves. Une observation

1. L'enfant résigné
est souvent un élève
faible en classe...
Pourtant,
un enseignement
adapté pourrait
le remotiver.

semblable a été faite dans un lycée agricole où des écuyers chevronnés ont été mélangés à des novices dans une même classe d'études hippiques. Les étudiants chevronnés se sont alors rebellés, trouvant que leur niveau était bien supérieur à ce qu'on leur enseignait.

En 1996, nous avons alors mené une expérience en donnant une tâche infaisable à des étudiants. Lors d'un exercice préliminaire, les étudiants devaient apprendre une liste de 30 mots très difficiles, par exemple *argas*, *mofette* et *orle*. Puis, pour l'expérience, nous annoncions aux étudiants d'un premier groupe qu'ils devaient apprendre une liste de 50 mots très difficiles ; quant aux participants du second groupe, ils devaient retenir une liste de 1 000 mots... Les étudiants ne commençaient jamais ces apprentissages – nous leur présentions seulement ce qu'ils avaient à faire –, mais nous testions leur motivation avec un questionnaire : la plupart des étudiants du second groupe se rebellaient (ils refusaient de faire l'exercice) et 80 pour cent d'entre eux se mettaient même en colère.

Intelligents... mais rebelles

Dans notre modèle théorique (une extension du modèle d'Edward Deci et de Richard Ryan, voir l'article page 8), les différentes motivations sont le résultat d'un besoin de compétence et d'un besoin d'autonomie (voir la figure 2). Nous pensons que la rébellion correspond au cas d'une sensation de forte contrainte – par exemple, l'enfant ne choisit pas l'activité – associée à un sentiment de compétence. En d'autres termes, l'élève est bon dans un domaine, mais ne supporte pas les limites imposées ou le rythme de l'enseignement (il ne se sent pas autonome). Dans ce cas, l'élève pense que c'est l'enseignant ou l'autorité qui est incompétente et non lui-même. À l'inverse, dans ce modèle, lorsqu'un élève se sent « nul » dans une matière, mais est autonome (parce qu'il n'est pas obligé de faire l'activité), il peut vouloir abandonner le cours : c'est la fuite. Par exemple, certains élèves peuvent quitter un cours optionnel au milieu de l'année scolaire. Il s'agit d'une forme de motivation négative qui explique les abandons d'activité et l'absentéisme scolaire (notamment quand l'école n'est plus obligatoire, après l'âge de 16 ans).

La plupart des expériences de psychologie sur la motivation sont réalisées avec des

questionnaires, de sorte que nous avons, avec Sonia Lorant, de l'Université de Strasbourg, adapté une échelle de motivation existante en y ajoutant la rébellion et la fuite. En 2011, nous avons soumis ce questionnaire à une centaine d'élèves de 3^e pour déterminer quel type de motivation les animait : une motivation extrinsèque – « Je veux devenir médecin » ou « Je veux que mes parents soient fiers de moi » –, une motivation intrinsèque, par exemple le plaisir d'apprendre, ou des motivations négatives, telles que la résignation, la rébellion ou la fuite.

Quatre affirmations correspondaient à chaque type de motivation. Ainsi, pour tester la rébellion : « Je comprends que certains élèves s'opposent aux professeurs. » Ou pour mettre en évidence la fuite : « Je fais semblant d'être malade pour éviter l'école. » L'élève devait cocher une réponse parmi cinq : *pas du tout vrai* ; *un peu vrai* ; *plutôt vrai* ; *vrai* ; *tout à fait vrai*. En estimant les réponses auxquelles les élèves avaient répondu *plutôt vrai*,

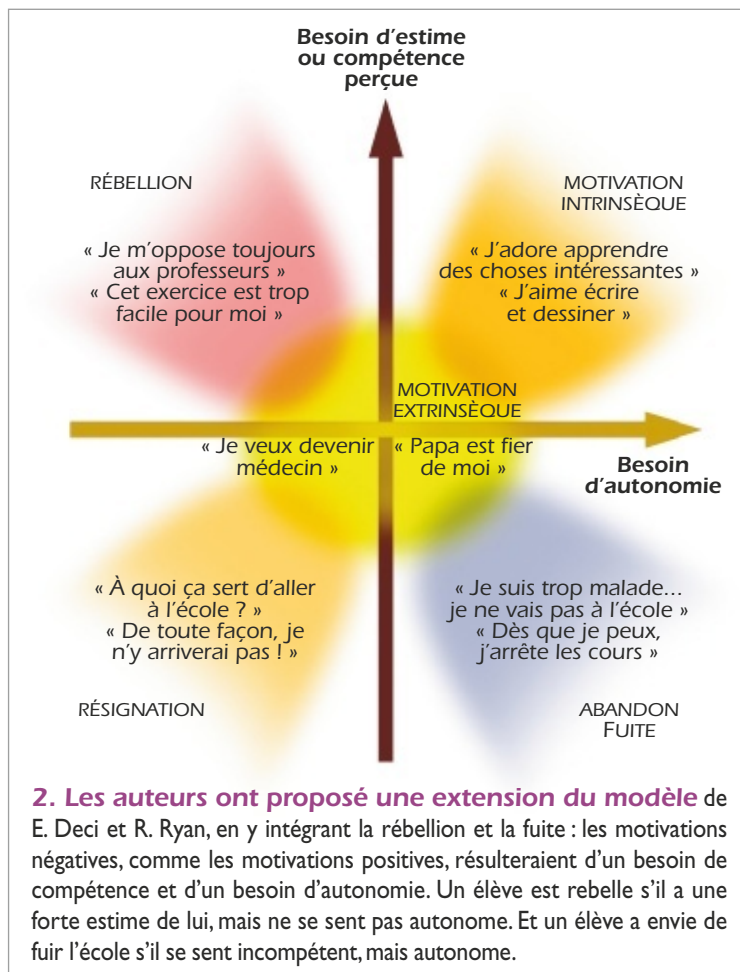
vrai ou *tout à fait vrai*, nous avons déterminé leurs motivations.

Ainsi, la plupart des élèves de 3^e sont animés par une motivation positive : 38 pour cent ont une motivation extrinsèque, et 31 pour cent une motivation intrinsèque. Cependant, en classe de 3^e, c'est la motivation extrinsèque qui domine alors que nous avons montré que les élèves de 6^e ont plutôt une motivation intrinsèque. En outre, en 3^e, presque un élève sur trois est en motivation négative : c'est la rébellion qui domine (14 pour cent des effectifs), contre 10 pour cent pour la démotivation (ou résignation), la fuite étant la catégorie la moins représentée avec 7,3 pour cent. Le plaisir d'apprendre diminue-t-il avec l'âge ? C'est ce que semblent indiquer nos résultats, ce qui obligerait les élèves à trouver d'autres moyens de se motiver. Et ceux qui n'en trouveraient pas se résigneraient ou se rebelleraient.

Des conséquences négatives à l'école

Or les motivations qui animent les élèves ont des conséquences sur leurs résultats scolaires. En effet, nous avons montré avec le même questionnaire que précédemment, pour les motivations positives (intrinsèque et extrinsèque), que plus les élèves sont sûrs de leurs réponses (réponses *vrai* et *tout à fait vrai*), plus leurs résultats scolaires dans une matière classique (français, mathématiques, anglais, histoire-géographie, etc.) sont élevés. Les résultats sont inverses pour les élèves « négativement » motivés (*voir l'encadré page ci-contre*). Et les effets sont semblables pour les matières plus manuelles ou ludiques, la musique, les arts plastiques et le sport par exemple. Ainsi, plus un élève est démotivé dans une matière, plus sa moyenne scolaire est faible. À l'inverse, plus un élève est motivé, plus sa moyenne est élevée.

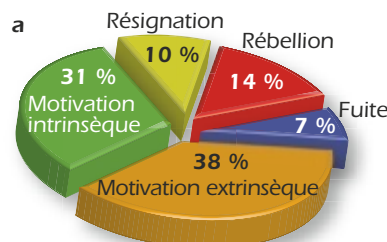
En revanche, quand on compare ces résultats sur la motivation des élèves avec leur sentiment de compétence et leur sentiment d'autonomie, nos hypothèses quant aux mécanismes produisant la rébellion et la fuite apparaissent en partie fausses. Nous supposions en effet que la rébellion correspondait à un état motivationnel déterminé à la fois par une forte contrainte et un sentiment de compétence élevée, de sorte que l'individu considère que son échec est dû au professeur, à l'école ou au système scolaire. Or la rébellion est bien liée à un sentiment de contrainte fort,



Étudier les motivations en psychologie

Nous avons étudié la motivation des élèves, en demandant à plus de 100 collégiens de classe de 3^e de répondre à un questionnaire de plus de 40 propositions. Chaque catégorie de motivation contient environ quatre items. Pour la motivation intrinsèque : « J'essaie de bien faire au collège, car j'apprends des choses qui m'intéressent. » Pour la motivation extrinsèque : « Je travaille en classe, parce que j'aurais honte de moi si je ne travaillais pas. » Pour la résignation : « Je n'arrive pas à savoir à quoi cela sert de travailler en classe. » Pour la rébellion : « L'école telle qu'elle est faite me donne envie de tout casser. » Et pour la fuite : « Dès que j'aurai l'âge, je quitterai l'école. » Chaque élève répond en cochant une case parmi cinq :

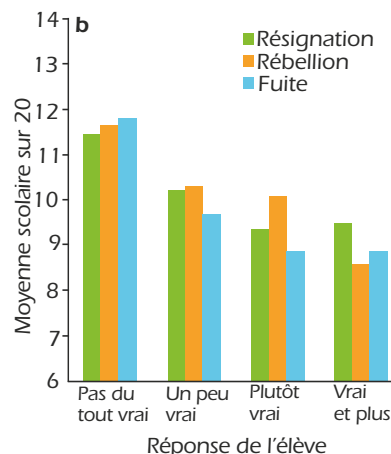
☐ pas du tout vrai ☐ un peu vrai
☐ plutôt vrai ☐ vrai ☐ tout à fait vrai



MOTIVATIONS ANIMANT LES ÉLÈVES

Quand les élèves sont sûrs de leurs réponses, ils cochent *plutôt vrai*, *vrai* ou *tout à fait vrai*. Nous avons donc déterminé la proportion d'élèves dans chaque catégorie de motivation (a), puis nous avons corrélé la motivation aux résultats scolaires. Par exemple, pour les élèves en motivation intrinsèque, la moyenne dans une matière passe de 9,71/20 pour les réponses *pas du tout vrai* à 13,48 pour les réponses *vrai et plus*. La moyenne scolaire des enfants résignés passe de 11,45 pour

les réponses *pas du tout vrai* à 9,49 pour les réponses *vrai et plus* (b). Même baisse des résultats pour la rébellion, de 11,65 à 8,6, ainsi que pour la fuite dont la moyenne passe de 11,81 à 7,74. Plus l'élève est démotivé, plus sa moyenne est faible.



mais le sentiment de compétence des élèves dans cette étude est faible ; les élèves rebelles ne se sentent pas forcément bons dans une matière. Toutefois, ils ont une meilleure estime d'eux que les élèves démotivés et encore plus que les élèves qui aimeraient fuir...

Adapter l'enseignement à l'élève

En 2011, Claire Garandeau, de l'Université de Turku en Finlande, et ses collègues Ahn Hai-Jeong et Philip Rodkin, de l'Université de l'Illinois aux États-Unis, ont montré que les élèves les plus agressifs sont aussi les plus populaires dans leur groupe d'amis. Il est donc plausible que les élèves en rébellion se sentent sûrs d'eux-mêmes par rapport aux professeurs parce qu'ils sont des *leaders* dans leur bande de copains.

En ce qui concerne la fuite, le système scolaire étant contraint par nature (l'école est obligatoire en 3^e), les élèves ne peuvent pas réellement fuir, mais seulement en exprimer le désir. Il faudra donc d'autres terrains d'expérimentation pour tester notre hypothèse selon laquelle la fuite est liée à un faible sen-

timent de compétence perçu et à un sentiment d'autonomie important.

Les enseignants peuvent-ils adapter leur cours pour prendre en compte les motivations négatives qui animent certains élèves ? Pour augmenter le sentiment de compétence des élèves faibles et résignés notamment, on pourrait diminuer les programmes ; ces derniers sont trop chargés comme s'ils n'étaient conçus que pour les élèves se destinant à de longues études. Et pour valoriser le sentiment d'autonomie des élèves rebelles en particulier, on pourrait diminuer la part d'enseignements obligatoires et proposer davantage d'activités librement choisies, telles que les options et les travaux personnels ; les activités ludiques, artistiques ou sportives pourraient aussi n'être qu'optionnelles.

Les mécanismes de la rébellion et de la fuite restent encore à confirmer et à préciser, mais il est intéressant de prendre en compte ces motivations négatives dans les théories. En effet, si le découragement est bien représenté dans les populations humaines, nombreux aussi sont les cas de rébellion, de la simple manifestation ou grève étudiante à la violence scolaire, ou pire, à la violence sociale. ■

Bibliographie

- S. Lorant, A. Lieury et F. Fenouillet, *Rebellion and escape : negative motivations and school achievement in middle school*, in *European Journal of Psychology of Education*, à paraître.
- C. Garandeau et al., *The social status of aggressive students across contexts : the role of classroom status hierarchy, academic achievement and grade*, in *Developmental Psychology*, vol. 47, pp. 1699-1710, 2011.
- L. Pelletier et al., *Associations among perceived autonomy support, forms of self-regulations and persistence : a prospective study*, in *Motivation and Emotion*, vol. 25, pp. 279-306, 2001.

La maladie de l'inattention

Difficultés de concentration, impulsivité, agitation motrice : les troubles de l'attention touchent un enfant sur 20.

Les causes de ce mal sont mieux connues ; diverses pratiques éducatives et des thérapies adaptées sont efficaces.

L'attention étant une fonction cognitive indispensable à toute activité humaine, un trouble de l'attention chez l'enfant peut revêtir des conséquences diverses. Difficultés de comportement (agressivité, conflits), problèmes émotionnels (baisse de l'estime de soi, dépression), difficultés scolaires, troubles du langage, de la lecture, de l'écriture ou des compétences en mathématiques, agitation motrice excessive, etc. La liste est longue, et bien des enfants atteints d'un trouble de l'attention vont consulter l'orthophoniste, l'ergothérapeute, le psychiatre, sans que l'origine attentionnelle du problème ne soit identifiée. Ce diagnostic est pourtant crucial, car le trouble de l'attention engendre par effet boule de neige échec scolaire, baisse de l'estime de soi, manque de motivation et difficultés relationnelles.

Le « trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité », tel que le nomment les psychiatres, est une pathologie qui correspond à un dysfonctionnement chronique de l'attention et du système exécutif regroupant des fonctions prises en charge par la partie préfrontale du cerveau. Ce syndrome affecte cinq pour cent des enfants d'âge scolaire (plus souvent les garçons que les filles), trois pour cent environ des adolescents et un à deux pour cent des adultes. Une prédisposition génétique est suscep-

tée puisque l'on retrouve fréquemment des antécédents familiaux au sein des fratries.

Ce trouble se définit par une triade de symptômes : l'inattention, l'impulsivité et l'instabilité motrice. Chaque symptôme peut apparaître isolément ou associé aux autres. On distingue la forme mixte qui les associe tous les trois, la forme « inattention pure » (sans hyperactivité ni impulsivité) et la forme « hyperactivité-impulsivité pure » sans inattention. Le trouble déficitaire de l'attention, avec ou sans hyperactivité, s'exprime de façon intense et précoce (avant l'âge de sept ans), quel que soit le contexte ou l'environnement de l'enfant.

Une triade de symptômes

Les symptômes correspondent principalement à un déficit des fonctions attentionnelles et exécutives, dont le contrôle repose surtout sur des réseaux reliant les régions préfrontales au striatum (voir la figure 2). Le trouble de l'attention avec hyperactivité semble être la conséquence d'une augmentation des transporteurs de la dopamine, un neurotransmetteur, dans le striatum. Ces transporteurs sont de grosses protéines qui réintroduisent dans un neurone (présynaptique) la dopamine présente dans la synapse, l'espace qui le sépare du neurone suivant (dit postsynaptique). Or

Vania Herbillon
est psychologue
spécialisé
en neuropsychologie
pédiatrique
au Service épilepsie,
sommeil
et explorations
fonctionnelles
pédiatriques,
à l'Institut
des épilepsies
de l'enfant
et de l'adolescent
(IDEE), Hôpital
Femme-mère-
enfant, à Lyon.



l'augmentation des transporteurs dopaminergiques provoque une diminution de la dopamine extracellulaire, de sorte que la transmission des informations neuronales au sein du réseau reliant le cortex au striatum ralentit, ce qui rendrait la région frontale moins opérationnelle. La transmission nerveuse par la dopamine serait alors moins efficace : les régions frontales contrôlèrent moins bien l'activité des zones sous-corticales gérant les mouvements ou l'attention visuelle.

Les régions frontales peuvent elles-mêmes présenter un mauvais fonctionnement. Plusieurs études d'imagerie cérébrale ont mis en évidence une réduction du volume du cerveau, et plus particulièrement des lobes frontaux. De surcroît, le cortex préfrontal dorsolatéral et le gyrus cingulaire antérieur de ces enfants – deux régions clés du système exécutif, chef d'orchestre de nos conduites – présenteraient une trop faible activation.

Des travaux chez l'animal mettent également en lumière le rôle de différents systèmes neuronaux : l'un d'eux, utilisant l'histamine comme neurotransmetteur, module l'éveil, et un mauvais fonctionnement se traduirait par des troubles de la vigilance et de la motivation ; un système utilisant l'hypocrétine – un neuromédiateur impliqué dans le comportement locomoteur, la prise alimentaire et

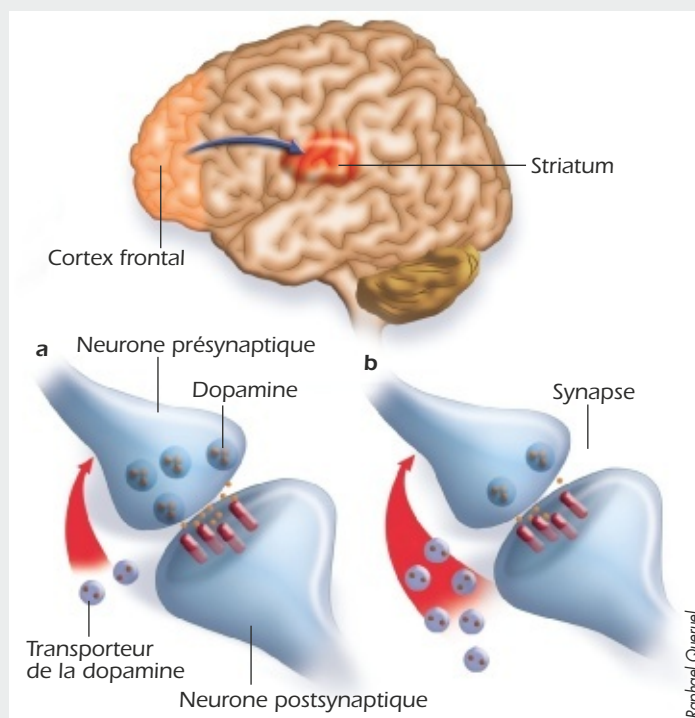
l'émotion –, dont le dysfonctionnement provoque chez l'animal une agitation motrice excessive ; enfin, un système noradrénergique et sérotoninergique lié aux activités cognitives telles que l'attention, l'apprentissage, la mémoire et la perception des situations stressantes : l'attention dirigée serait altérée.

Les origines du trouble de l'attention avec hyperactivité sont mal comprises et probablement multifactorielles. Des gènes intervenant dans la régulation de la transmission dopaminergique semblent associés à certaines formes de troubles de l'attention. C'est aussi le cas de facteurs environnementaux tels que les complications de la grossesse, des infections,

1. L'enfant atteint de trouble de l'attention a des difficultés à se concentrer et tout est prétexte à distraction. La cause en est en partie biologique.

En Bref

- Environ cinq pour cent des enfants souffrent de troubles de l'attention. Sauts de concentration, difficulté à planifier des raisonnements, oublis, impulsivité sont des handicaps.
- La communication entre neurones semble perturbée, que ce soit à cause de facteurs génétiques, d'infections périnatales ou de troubles du sommeil.
- Des médicaments donnent de bons résultats, mais c'est aux parents et aux éducateurs d'enseigner aux enfants la patience et de les protéger contre les stimulations rapides et faciles, omniprésentes dans l'environnement moderne.



2. La dopamine, mais également d'autres neurotransmetteurs, serait impliquée dans le trouble de l'attention. Le contrôle de l'attention repose sur un réseau de neurones reliant le cortex frontal au striatum (en haut). Normalement, la dopamine présente dans la synapse est « recyclée » (flèche rouge), mais reste présente en quantité suffisante dans la synapse (a). Dans le cas du trouble de l'attention, le recyclage de la dopamine est trop important, de sorte que le neurotransmetteur qui garantit le bon fonctionnement du cortex frontal est présent en trop faible quantité dans les synapses (b).

l'alimentation, sans oublier le milieu social et éducatif. En l'absence d'examen médical particulier (prise de sang ou IRM) permettant de détecter objectivement un trouble de l'attention avec hyperactivité, le diagnostic repose essentiellement sur une analyse clinique des divers symptômes de l'enfant. L'éclairage de l'entourage familial et scolaire est indispensable, parents et enseignants remplissant des questionnaires pour décrire au mieux le comportement de l'enfant dans des contextes différents : l'enfant est-il bien intégré dans sa classe ? Est-il en échec scolaire ?

Les professionnels peuvent être guidés par les critères établis par l'Association américaine de psychiatrie. Un bilan neuropsychologique peut être indiqué afin de caractériser le trouble de l'attention par des tests psychométriques qui évaluent les différentes composantes de l'attention et des fonctions exécutives. Il est pri-

mordial de prendre en compte le contexte psychologique, social et médical pour différencier un trouble de l'attention primaire lié à un dysfonctionnement cérébral, d'un trouble secondaire dû à un problème psychique ou social.

Les troubles du sommeil peuvent perturber l'attention, car ils ont des conséquences néfastes sur la qualité de l'éveil diurne et sur les capacités d'attention (voir la figure 3). Un enfant qui a mal dormi lutterait pendant la journée contre son manque de sommeil par une hyperactivité excessive. Les spécialistes des pathologies du sommeil recommandent, devant un enfant anormalement agité, de rechercher des difficultés respiratoires pendant le sommeil ou un syndrome des jambes sans repos. Ce dernier, qui touche huit pour cent de la population, se définit par un besoin irrésistible de remuer les jambes dès que l'on se trouve en position immobile, notamment avant l'endormissement : un enfant sur cinq ayant ce syndrome souffre d'un trouble de l'attention, et les deux syndromes se caractérisent par le même dysfonctionnement du système dopaminergique.

Pourquoi le diagnostic est-il difficile à poser ?

Il faut aussi veiller à ne pas confondre le trouble de l'attention avec certains autres troubles d'origine psychopathologique ou environnementale qui peuvent se traduire par les mêmes signes cliniques d'inattention : c'est le cas de la dépression (qui perturbe aussi les capacités d'attention), des troubles anxieux, telles les phobies, de l'anxiété de performance (la peur de ne pas réussir un test, par exemple, altère la concentration) ou de l'anxiété situationnelle (provoquée, par exemple, par un environnement nouveau). Les troubles des conduites réactionnelles (agressivité, refus des normes, comportement dangereux) ou les troubles envahissants du développement, tels que l'autisme et la psychose infantile précoce, peuvent entraîner des symptômes similaires.

Parmi les causes environnementales, il n'est pas rare d'observer ces symptômes chez des enfants dont les conditions sociales et éducatives sont très perturbées : attitudes parentales inadéquates ou incohérentes, carence affective ou troubles psychiques chez l'un des parents, voire les deux (troubles de la personnalité, troubles de l'humeur, etc.). L'absence de concertation entre les professionnels de la neurologie et de la psychiatrie conduit sou-

vent à une absence de diagnostic, voire à des erreurs de diagnostic.

Selon les cas, le médecin optera pour un traitement médicamenteux, des aménagements dans l'environnement ou le milieu éducatif de l'enfant, ou pour des thérapies cognitives et comportementales. Sur le plan des médicaments, le traitement de référence est le méthylphénidate, un psychostimulant figurant au tableau des stupéfiants. Pourquoi donner un excitant à un enfant déjà trop remuant ? Cette molécule bloque la recapture de la dopamine et de la noradrénaline, ce qui renforce l'action de ces deux neurotransmetteurs : le circuit qui relie le cortex frontal et le striatum et qui est déficient chez le jeune patient redevient efficace et active les structures préfrontales nécessaires au contrôle de l'attention. L'enfant est plus attentif, recouvre une meilleure mémoire de travail et ses performances scolaires s'améliorent ; il commet moins d'erreurs, se montrant tout à la fois plus rapide, réfléchi, organisé et calme.

Un traitement efficace

L'efficacité du méthylphénidate est établie : il permet d'éviter l'apparition de problèmes sérieux et de sortir certains enfants de situations catastrophiques d'échec scolaire, de redoublements multiples et de mauvaise orientation, ou même d'exclusion sociale. À ce titre, le risque de présenter à l'adolescence un syndrome dépressif ou des conduites à risque, telles la délinquance ou la toxicomanie, est bien supérieur chez des enfants non traités que chez des enfants traités. Malgré ces avantages, la prescription de méthylphénidate ne doit être envisagée que lorsque l'intensité des symptômes et leurs répercussions scolaires ou sociales le justifient pleinement, et ce toujours en accord avec les parents et l'enfant. En France, ce médicament est utilisé sur une courte période (un ou deux ans), parfois uniquement pendant les jours d'école.

Parents et éducateurs jouent un rôle de premier plan auprès de l'enfant présentant un trouble de l'attention (voir la figure 4). Tout d'abord, le diagnostic doit les aider à comprendre qu'il « ne fait pas exprès », qu'il ne s'agit ni d'un problème de motivation ni d'un trouble du comportement. Ses difficultés sont dues à un trouble de l'attention et à un manque de contrôle de son comportement. Dès lors, il faut lui imposer un cadre éducatif ferme et bien-

veillant, en évitant les sanctions systématiques, sans effet. Il faut rappeler très souvent les règles : ne pas couper la parole et attendre son tour, regarder avant de traverser la route.

Devant un surcroît d'agitation, on permettra à l'enfant de se défouler, de se lever de table pour aller chercher l'eau ou le sel. Pour le travail scolaire le soir à la maison, il est impératif de réduire au maximum toutes les sources de distractions possibles en évitant par exemple de faire les devoirs devant la télévision ; limiter les accessoires, jouets et affiches présents devant ou sur le bureau. Toutes les situations offrant de multiples stimulations gênent l'enfant en favorisant l'éparpillement et la distractibilité. Toujours sur le plan éducatif, l'hygiène de vie, notamment sur le plan de l'alimentation et du sommeil, compte également : les boissons sucrées et excitantes doivent être contrôlées – notamment le soir avant d'aller au lit. Les heures de coucher doivent être régulières en semaine tout comme le week-end, afin d'offrir une bonne récupération.

Un trouble attentionnel engendre lenteur, erreurs et manque d'autonomie dans le travail scolaire. Des adaptations pédagogiques simples sont par conséquent recommandées. Ainsi, il convient de bien capter l'attention de l'enfant avant de lui donner une consigne, laquelle doit être simple et concise afin de ne pas surcharger sa mémoire de travail. Les doubles tâches doivent être évitées. Par exemple, on peut proposer à l'enfant de relire son devoir, mais en vérifiant une règle à la fois : la première fois, il relira en vérifiant que les

3. Les troubles du sommeil,

notamment une fragmentation du sommeil, entraînent des troubles de l'attention. Le syndrome dit des jambes sans repos est parfois en cause. Or le cortex préfrontal, essentiel pour le maintien de l'attention, est sensible au manque de sommeil.



4. Les parents

ont un rôle notable à jouer pour aider un enfant à se concentrer sur ses devoirs. Toutes les sources de distraction doivent être éliminées et un dialogue avec l'enfant est bénéfique.



Karam Miri - zulfoto / Shutterstock.com

Bibliographie

G. Tripp et al., *Neurobiology of ADHD*, in *Neuropharmacology*, vol. 57, pp. 579-589, 2009.

M.-J. Challamel et al., *Le sommeil de l'enfant*, Masson, 2009.

N. Bedoin et al., *Dyslexie de surface chez l'enfant et déficit de l'inhibition des détails : aide au diagnostic et remédiation*, in A. Devevey (sous la direction de), *Dyslexies : Approches thérapeutiques, de la psychologie cognitive à la linguistique*, Troubles du développement psychologique et des apprentissages, Solal, 2009.

T. Brown, *Attention deficit disorder : The unfocused mind in children and adults*, Yale University Press, 2006.

J. Biederman et al., *Attention-deficit hyperactivity disorder*, in *Lancet*, vol. 366, pp. 237-248, 2005.

noms sont correctement accordés (singulier ou pluriel), puis cette tâche terminée, il devra vérifier les conjugaisons, et ainsi de suite...

Une telle approche évite à l'enfant de s'éparpiller sur les différents niveaux de l'analyse orthographique, ce qui effriterait ses ressources attentionnelles. Les exercices « à trous » sont aussi conseillés. Par ailleurs, en plaçant l'enfant juste devant le tableau et loin de la fenêtre, on réduit ses sources de distractions. L'aide de l'enseignant est importante pour organiser les séquences d'apprentissage avec des temps pédagogiques ni trop longs ni trop variés. Il faut toujours vérifier que l'enfant a fini le travail engagé, note bien les devoirs sur son agenda et s'équipe du matériel adéquat.

Les thérapies cognitives et comportementales

De nombreux sites Internet proposent d'entraîner son attention. En fait, pour que des exercices soient susceptibles de rééduquer les troubles de l'attention, ils doivent s'inscrire dans un travail thérapeutique avec un professionnel compétent qui définit, à partir du bilan initial ayant identifié les troubles de l'enfant, les stratégies cognitives les plus appropriées. La thérapie passe par une étape indispensable : la prise de conscience par l'enfant de ses difficultés, ce que l'on nomme métacognition. Une série d'exercices permet à l'enfant de mettre en application chaque stratégie visant à sa rééducation.

Dans le cadre d'une thérapie cognitive, l'enfant peut se mettre dans la peau d'un personnage auquel est attribuée une fonction cognitive : l'un est un architecte qui construit les plans d'une maison et organise chaque étape (réflexion avant l'action, organisation, planification), l'autre est un menuisier qui réalise minutieusement les travaux en respectant la

procédure de l'architecte (réalisation, précision), un autre encore est chef de chantier et contrôle la réalisation du travail (vérification, surveillance, analyse des erreurs, autocritique). Des exercices sont proposés pour mettre en application chacun de ces personnages. À la fin, l'enfant évalue ses performances avec le thérapeute. L'entraînement peut reposer au début sur des exercices ludiques tels des jeux vidéo, puis être progressivement remplacé par des exercices plus scolaires pour transférer à l'école les compétences acquises par le jeu.

Dans le cadre d'une thérapie comportementale, l'impulsivité peut être travaillée au jour le jour dans des situations où l'enfant aura pour tâche de freiner son impulsivité naturelle pour ne pas se mettre en danger, et d'apprendre à réfléchir avant d'agir. Le contrôle de l'impulsivité peut aussi être renforcé avec des jeux de société simples, comme le *Uno* où certaines cartes imposent de passer son tour ou d'inverser le sens de la partie, obligeant le joueur suivant à ne pas abattre sa carte.

Ces approches sont des thérapies courtes, simples et efficaces. Elles ne permettent pas de guérir le trouble de l'attention, mais elles apportent à l'enfant les armes pour lutter tout seul contre ses causes et ses conséquences. Les facteurs limitant leur utilisation sont l'âge (elles sont difficilement utilisables chez les enfants âgés de moins de huit ans) et le degré de participation de l'enfant à la thérapie. Mais on ne peut que déplorer que ces thérapies soient rarement proposées aux enfants en France, faute de professionnels compétents formés à ces approches d'inspiration anglo-saxonne.

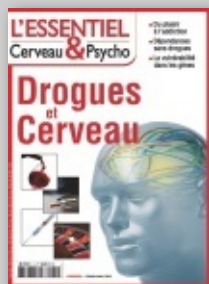
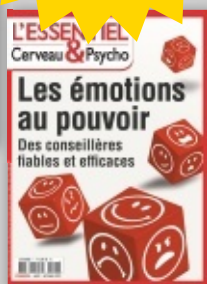
Si le trouble de l'attention peut être pris en charge grâce à un diagnostic précis et des thérapies appropriées, il convient d'avoir une réflexion sur les nouveaux modes de vie qui changent nos habitudes. Les rythmes de vie s'accroissent, les habitudes (horaires, alimentation) changent et les informations que nous recevons sont beaucoup plus rapides et plus nombreuses. Tout cela nous oblige à traiter en temps réel un nombre considérable d'informations sans avoir le temps d'analyser et de réfléchir pour comprendre les phénomènes qui nous entourent.

Savoir contrôler son attention de façon à sélectionner les informations pertinentes devient un enjeu essentiel aujourd'hui. La culture en général et la pédagogie en particulier doivent relayer, plus que jamais, les vertus de l'analyse et de la réflexion. ■

L'ESSENTIEL Cerveau & Psycho

Le thématique de référence de la psychologie et des neurosciences

5,90 €
dès le 2^e numéro
acheté!



**Complétez
votre collection
au format classique
ou pocket
dès maintenant !**

Tous les numéros disponibles

	classique (21x28 cm)	pocket (16,5x23 cm)
Vaincre son anxiété n° 10 (mai 12)	☐ 076910	☐ 076810
L'intelligence : comment la cultiver ? n° 9 (fév. 12)	☐ 076909	☐ 076809
Les racines de la violence n° 8 (nov. 11)	☐ 076908	☐ 076808
Les émotions au pouvoir n° 7 (août 11)	☐ 076907	☐ 076807
Dans le dédale des mémoires n° 6 (mai 11)	☐ 076906	☐ 076800
Cerveau homme / femme n° 5 (fév. 11)	☐ 076905	☐ 076806
Le cerveau mélomane n° 4 (nov. 10)	☐ 076904	☐ 076805
Cerveau, amour et désir n° 3 (août 10)	-	☐ 076804
Le sommeil et ses troubles n° 2 (mai 10)	-	☐ 076803
Drogues et cerveau n° 1 (fév. 10)	-	☐ 076802
Illusions : des pièges pour le cerveau hors-série (août 09)	-	☐ 076801

Découvrez aussi Cerveau & Psycho, le magazine d'actualité de la psychologie et des neurosciences

	classique (21x28 cm)	pocket (16,5x23 cm)
La méditation n° 52 (juillet 12)	☐ 076052	☐ 076552
L'autisme n° 51 (mai 12)	☐ 076051	☐ 076551
Thérapies ciblées n° 50 (mars 12)	☐ 076050	☐ 076550
Voir le cerveau autrement n° 49 (janv. 11)	☐ 076049	☐ 076549
Stress : bon ou mauvais ? n° 48 (nov. 11)	☐ 076048	☐ 076548
Attention aux pièges de l'attention ! n° 47 (sept. 11)	☐ 076047	☐ 076547
Êtes-vous créatif ? n° 46 (juillet 11)	☐ 076046	☐ 076546
Des pilules pour booster son cerveau ? n° 45 (mai 11)	☐ 076045	☐ 076545
La douleur chronique n° 44 (mars 11)	☐ 076044	☐ 076544
Comment la magie piège le cerveau ? n° 43 (janv. 11)	☐ 076043	☐ 076543
Comment pensent les bébés ? n° 42 (nov. 10)	☐ 076042	☐ 076542
Comment motiver les élèves ? n° 41 (sept. 10)	☐ 076041	☐ 076541
Plongez zen ! n° 40 (juil. 10)	☐ 076040	☐ 076540
L'art de la persuasion n° 39 (mai 10)	☐ 076039	☐ 076539
La force de l'empathie n° 38 (mars 10)	☐ 076038	☐ 076538
Soyez positif ! n° 37 (janv. 10)	☐ 076037	☐ 076537
Peut-on changer ? n° 36 (nov. 09)	☐ 076036	-
Les émotions : comment les déchiffrer ? n° 35 (sept. 09)	☐ 076035	-
Le cerveau halluciné n° 31 (janv. 09)	☐ 076031	-

Plus de titres sur www.cerveauetpsycho.fr

BON DE COMMANDE

à retourner accompagné de votre règlement à :
Groupe Pour la Science • 628 avenue du Grain d'Or • 41350 Vineuil
Tél.: 0 805 655 255 • e-mail : pourlascience@daudin.fr

☐ Oui, je commande des numéros de **L'Essentiel Cerveau & Psycho** et de **Cerveau & Psycho** au tarif unitaire de **5,90 €** dès le 2^e acheté.

Je reporte ci-dessous les références à 6 chiffres correspondant aux numéros commandés et au format souhaité :

1^{re} réf. _____ 0,1 x 6,95 € = _____ 6,9,5 €

2^e réf. _____ x 5,90 € = _____ €

3^e réf. _____ x 5,90 € = _____ €

4^e réf. _____ x 5,90 € = _____ €

5^e réf. _____ x 5,90 € = _____ €

6^e réf. _____ x 5,90 € = _____ €

Frais port (4,90 € France – 12 € étranger) + _____ €

☐ Je commande également la reliure Cerveau & Psycho (capacité 12 n° au format classique) au prix de 14 € + _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

J'indique mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

C.P. : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél.*: _____

*facultatif

☐ Je souhaite recevoir la newsletter Cerveau & Psycho à l'adresse e-mail suivant :

_____ @ _____

Je choisis mon mode de règlement :

☐ par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ par carte bancaire N° _____

Date d'expiration _____

Code de sécurité _____

(les 3 chiffres au dos de votre CB)

Signature obligatoire

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre.

Des problèmes de calcul et de

Près d'un enfant sur dix présente des difficultés pour lire, écrire ou faire des calculs. Les mécanismes neurobiologiques impliqués se dévoilent et facilitent la rééducation.

Yves Chaix

est professeur des universités-praticien hospitalier dans l'Unité de neurologie pédiatrique à l'Hôpital des enfants de Toulouse, et membre de l'Unité INSERM 825.

Jean-François Démonet

est neurologue et professeur au Département des neurosciences cliniques du CHU Vaudois à Lausanne.

Quelles que soient les méthodes employées par l'instituteur du cours préparatoire, il n'est pas forcément évident pour un enfant d'apprendre à lire, écrire et compter. En France, dans les classes du primaire et du secondaire, cinq à dix pour cent des enfants présentent des difficultés scolaires liées à un trouble spécifique des apprentissages : on parle de dyslexie pour la lecture, de dysorthographe pour l'orthographe et de dyscalculie pour le calcul.

La dyslexie se caractérise par une lecture lente et laborieuse, entachée de nombreuses erreurs. La dysorthographe correspond à une lenteur de l'exécution, des hésitations et une pauvreté des productions écrites, accompagnées de fautes d'orthographe, de conjugaison, de grammaire et d'analyse. La dyscalculie est une difficulté à calculer, à se représenter une quantité en valeur numérique ou à comparer deux nombres. D'où viennent ces pathologies ?

Ce sont des troubles neurodéveloppementaux, en ce sens qu'ils surviennent lors du développement cérébral d'un enfant qui ne présente par ailleurs aucune déficience sensorielle – auditive ou visuelle – ou intellectuelle. Des anomalies dans le développement de certaines aires cérébrales instaureraient

progressivement un retard dans la faculté de lire, écrire ou compter.

Pour les enfants « dys », il n'existe aucun événement pathologique repérable ; cependant, la lecture, l'orthographe ou le calcul se mettent en place de façon anormale. En général, le trouble persiste à l'âge adulte, même si des phénomènes de compensation sont possibles grâce à la rééducation (nous y reviendrons). En outre, chez un même enfant, différents troubles peuvent s'associer – la dyslexie étant presque toujours accompagnée de dysorthographe – et cet enfant souffre parfois en plus de problèmes sensorimoteurs, tels des troubles de la vision, de la coordination ou de l'attention ; en fait, chaque trouble de l'apprentissage est unique.

Des facteurs environnementaux participent sans doute à la mise en place de ces pathologies ; mais les neuroscientifiques ont montré que ces troubles ont des causes neurobiologiques et génétiques, quels que soient le milieu socioculturel de l'enfant et la méthode pédagogique adoptée. Ces handicaps peuvent entraîner une marginalisation, voire une stigmatisation des enfants. Les échecs cumulés aboutissent souvent à des difficultés d'insertion sociale à l'âge adulte. Il est donc indispensable de dépister et de prendre en charge les enfants atteints de troubles « dys ». Comme

de

lecture

© Shutterstock/Robert Szakiel

on connaît davantage les mécanismes déficitaires dans ces pathologies, les rééducations orthophoniques sont souvent efficaces.

Un enfant, un trouble

Nous l'avons dit, chaque enfant est unique, et il en est de même pour les différents troubles rencontrés. Pour l'illustrer, nous présenterons les données obtenues depuis plus de 20 ans sur la dyslexie – et la dysorthographe – avant de parler des résultats récents concernant la dyscalculie. Dans tous les cas, les techniques d'imagerie cérébrale et de génétique ont permis de mieux comprendre les mécanismes mis en œuvre dans ces pathologies.

Les études des mécanismes des troubles « dys » concernent surtout la dyslexie et débutent dans les années 1980. C'est à ce moment-là qu'on découvre à la surface du cerveau d'adultes dyslexiques décédés des agrégats de cellules gliales – des cellules cérébrales non neuronales – associées à une cinquantaine ou une centaine de neurones : on parle d'« ectopies ». Ces particularités architecturales seraient dues à des anomalies de la migration des neurones lors du développement cérébral.

Elles sont présentes dans des aires cérébrales particulières (les régions corticales proches

de la scissure de Sylvius et sous-thalamiques gauches, voir l'encadré page 78). Les symptômes dyslexiques dépendraient de la localisation des ectopies : selon leur position, elles perturberaient diverses régions essentielles au transfert de l'information dans les réseaux sous-tendant les fonctions du langage ; chez l'enfant, cette perturbation concernerait le réseau de la lecture en développement.

Complétant les résultats fournis par l'anatomie, les techniques d'imagerie fonctionnelle ont permis d'identifier les réseaux neuronaux impliqués dans des tâches cognitives variées et parfois complexes, telles la lecture et l'orthographe. Chez l'adulte sain, les régions mises en jeu dans la lecture de mots isolés sont réparties dans tout le cerveau ; toutefois, un

En Bref

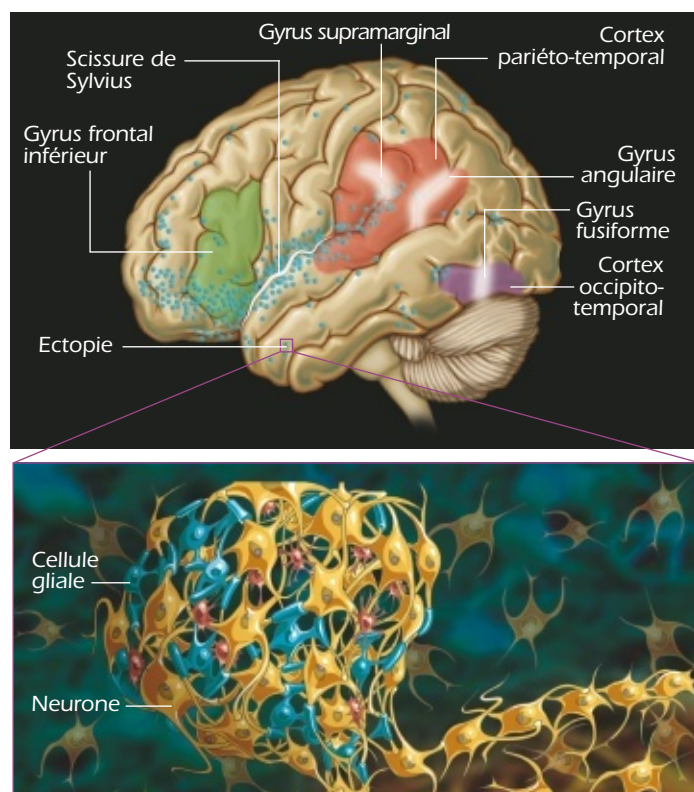
- Les troubles de la lecture, de l'orthographe et du calcul surviennent au cours du développement cérébral.
- Un dysfonctionnement de trois circuits neuronaux serait responsable de la dyslexie, un trouble de l'automatisation de la lecture.
- Les dyscalculies – des difficultés en arithmétique – seraient dues à une perte du « sens du nombre ».
- Les troubles « dys » auraient en partie une origine génétique.

Le réseau de la lecture

Les régions impliquées dans la lecture sont réparties dans tout le cerveau. On peut toutefois isoler un réseau hémisphérique gauche formé de deux circuits postérieurs et d'un circuit antérieur. Le circuit occipito-temporal (*en violet*) est centré sur le gyrus fusiforme ; il participe au traitement des unités graphiques et à leur mise en correspondance avec les unités sonores formant les mots. Il s'active quand on voit les mots écrits. Le circuit pariéto-temporal (*en rouge*) comprend le gyrus angulaire et le gyrus supramarginal ; le gyrus angulaire est impliqué dans la reconnaissance lexicale, et le gyrus supramarginal dans le traitement des séquences phonologiques. C'est ainsi que l'on apprend à décomposer mentalement le mot *salon* en syllabes *sa* et *lon*. Le circuit antérieur corres-

pond surtout au gyrus frontal inférieur (*en vert*) ; il est relié aux deux circuits postérieurs et est impliqué dans la production orale.

Les enfants dyslexiques présentent une hypoactivité des régions pariéto-temporale et occipito-temporale gauches. Et le circuit antérieur ne fonctionne pas comme chez un lecteur « normal ». Il existerait, dans le cortex d'un dyslexique, des amas de cellules gliales et de neurones nommés ectopies (*voir la figure du bas*) ; ces agrégats seraient dus à une migration anormale des neurones depuis la zone dite germinale vers la surface du cortex cérébral lors du développement du cerveau. Ils sont localisés, comme le réseau de la lecture, le long de la scissure de Sylvius. Mais on ignore comment ils perturbent l'apprentissage de la lecture.



réseau hémisphérique gauche comprenant deux circuits postérieurs et un circuit antérieur domine. Ce « réseau de la lecture » est sollicité quand on déchiffre un texte.

Quelles sont les fonctions de ces circuits ? Les deux circuits postérieurs sont le ventral et le dorsal. Le circuit ventral ou occipito-temporal est impliqué dans le traitement des unités graphiques – ou graphèmes, une lettre ou un groupe de lettres – et dans leur mise en correspondance avec les unités sonores – ou phonèmes (en français, 16 sons de voyelles et 21 sons de consonnes) – constituant les mots. Il stocke les représentations orthographiques et s'active quand on voit les mots écrits. Le circuit dorsal ou pariéto-temporal participe à la reconnaissance lexicale et au traitement des séquences phonologiques – la prononciation ou la décomposition en unités sonores minimales d'un mot (les syllabes). Le circuit antérieur correspond à la région frontale inférieure et est relié aux deux circuits postérieurs ; il est mis en jeu dans les mécanismes articulatoires quand on produit les mots.

Apprendre à lire

Existe-t-il une correspondance entre ces circuits anatomiques et les deux modèles cognitifs de la lecture, la lecture experte (qui correspond à l'ancienne technique d'apprentissage de la lecture dite globale) et la lecture par assemblage (dont la technique d'apprentissage était dite syllabique) ? Le processus de lecture experte associe automatiquement la forme visuelle des mots à leur sens et à leur décomposition en phonèmes. Le processus d'assemblage – on associe chaque graphème au phonème correspondant – est plus laborieux, mais il contribue à enrichir le lexique de mots nouveaux, d'abord déchiffrés de façon analytique, puis assemblés pour être acquis sous une forme plus globale.

Ces deux procédures sont complémentaires et interagissent lors de l'apprentissage... Ce serait aussi le cas des circuits anatomofonctionnels où circule l'information du système visuel qui est transformée en entités ayant un sens. D'ailleurs, les méthodes de lecture actuelles dans les classes du primaire développent simultanément toutes les compétences nécessaires pour lire et écrire.

Les enfants dyslexiques et dysorthographiques ont souvent des difficultés de traitement phonologique : ils manipulent mal les phonè-

mes (voir l'encadré page 81). Cette anomalie empêche l'automatisation de la procédure de mise en relation des graphèmes avec les phonèmes, qui est pourtant indispensable à l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe.

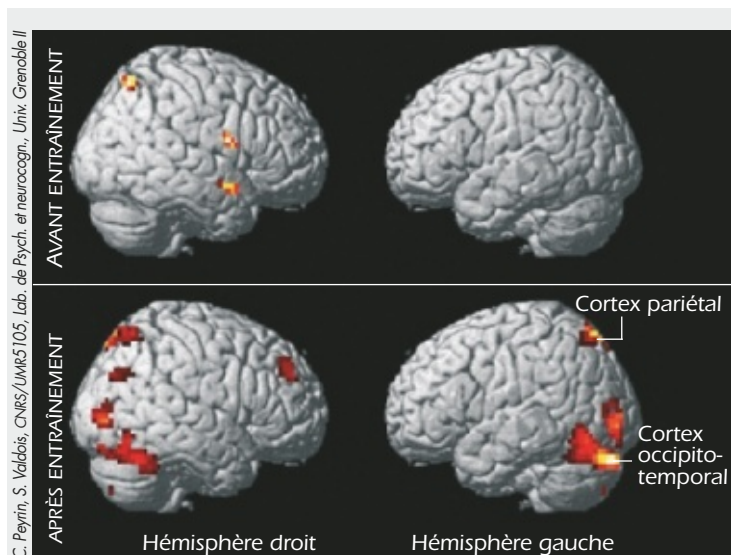
La plupart des études utilisant des techniques d'imagerie fonctionnelle – l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou la tomographie par émission de positons – montrent un dysfonctionnement des régions participant aux traitements phonologiques et situées le long d'une structure nommée la scissure de Sylvius de l'hémisphère gauche.

Une hypoactivité cérébrale dès sept ans

Ce sont notamment la région postérieure pariéto-temporale et la région antérieure frontale inférieure gauches. En effet, lors de tâches impliquant un traitement phonologique – des exercices de rimes ou de manipulation de phonèmes, par exemple l'enfant doit trouver les deux mots qui riment parmi les trois mots qui lui sont proposés –, la première aire est souvent peu activée et la seconde est, selon l'âge des sujets, soit hyper-, soit hypo-activée. Ces anomalies caractériseraient les personnes dyslexiques et ne dépendraient pas du niveau de lecture ou de la difficulté de la tâche cognitive proposée dans le scanner.

Notons que la plupart des ectopies – ces anomalies de structure présentes dans le cerveau des dyslexiques – se répartissent le long de la scissure de Sylvius gauche. Mais on ignore comment elles modifient l'activité des régions cérébrales concernées.

En outre, les sujets dyslexiques ont parfois des anomalies de traitement visuel, ce qui nuit à l'analyse de la forme des mots indispensable à la mise en place d'une lecture rapide et efficace. Le traitement global du mot lu met en œuvre le circuit occipito-temporal gauche. Or cette région contient, d'après les neurobiologistes Laurent Cohen, à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, et Stanislas Dehaene, du Collège de France, une aire qui se spécialise pour la reconnaissance de la forme visuelle des mots ; cette aire serait sous-activée chez les personnes dyslexiques par rapport à des sujets contrôles. Qui plus est, tous les dyslexiques, quelle que soit leur langue maternelle (anglais, français ou italien), présentent une hypoactivité de cette région temporelle inférieure.



1. Chez un enfant âgé de dix ans atteint d'une dyslexie associée à des troubles de la vision et de l'attention, on constate une hypoactivité des régions occipito-temporale et pariéto-temporale gauches (*en haut*, l'activité cérébrale est enregistrée en IRM fonctionnelle). Deux mois plus tard, après un entraînement visuel intensif (par exemple repérer un trajet dans un labyrinthe), l'IRM fonctionnelle montre une forte augmentation de l'activité cérébrale dans les cortex occipito-temporaux et pariétaux supérieurs gauches et droits quand l'enfant lit un texte (*en bas*) ; cette augmentation de l'activité cérébrale s'accompagne d'une amélioration des performances de lecture.

Depuis le début des années 2000, un certain nombre d'études montrent que l'hypo-activité des régions postérieures pariéto-temporale et occipito-temporale gauches existe dès l'âge de sept ans, c'est-à-dire dès le début de l'apprentissage de la lecture.

Ces résultats vont à l'encontre de l'hypothèse selon laquelle de longues années de difficultés en lecture engendrent le déficit d'activation observé chez les adultes dyslexiques ; le dysfonctionnement serait présent d'emblée dans l'organisation du cortex. De plus, Sally et Bennett Shaywitz et leurs collègues, de l'Université Yale, ont montré que les enfants et les adultes dyslexiques ayant les niveaux de lecture les plus bas – évalués par des tests comportementaux – sont aussi ceux pour lesquels l'activité de ces régions est la plus faible.

Toutefois, le cerveau « gauche » des dyslexiques ne serait pas tout seul... S. Shaywitz et ses collègues ont montré que l'activité cérébrale augmente avec l'âge dans les régions frontales inférieures gauches et droites des sujets dyslexiques lors d'un exercice de rimes.

Cela suggère un phénomène de compensation : l'augmentation de l'activité dans les régions frontales ou les régions hémisphériques droites permettrait de pallier la faible activation des régions postérieures gauches. Dès lors, est-il possible de faciliter cette compensation par des méthodes de rééducation ?

Une rééducation efficace

Associées à un enseignement approprié, les rééducations – essentiellement de type orthophonique – interviennent sur le langage oral, la phonologie, la lecture, l'orthographe, la mémoire de travail, avec des moyens adaptés au handicap de chaque enfant dyslexique et dysorthographique. Les traitements comportent souvent des entraînements phonologiques,

c'est-à-dire le fait de discerner et de manipuler les sons élémentaires constitutifs et distinctifs des mots de la langue. Par exemple, l'enfant apprend à trouver les deux mots qui riment parmi ces trois : crayon, vélo et ballon.

Ces exercices d'orthophonie incluent d'autres aspects linguistiques ; on travaille la morphologie, à savoir la capacité à identifier dans un mot la racine lexicale et des éléments à fonction grammaticale, par exemple les formes conjuguées des verbes ; on apprend à reconnaître et à manipuler les différents groupes fonctionnels (sujet, verbe, compléments) ; on essaie de formuler correctement un discours, une argumentation.

Cependant, les méthodes d'entraînement commercialisées et utilisées en clinique n'ont généralement pas été évaluées, de sorte qu'on

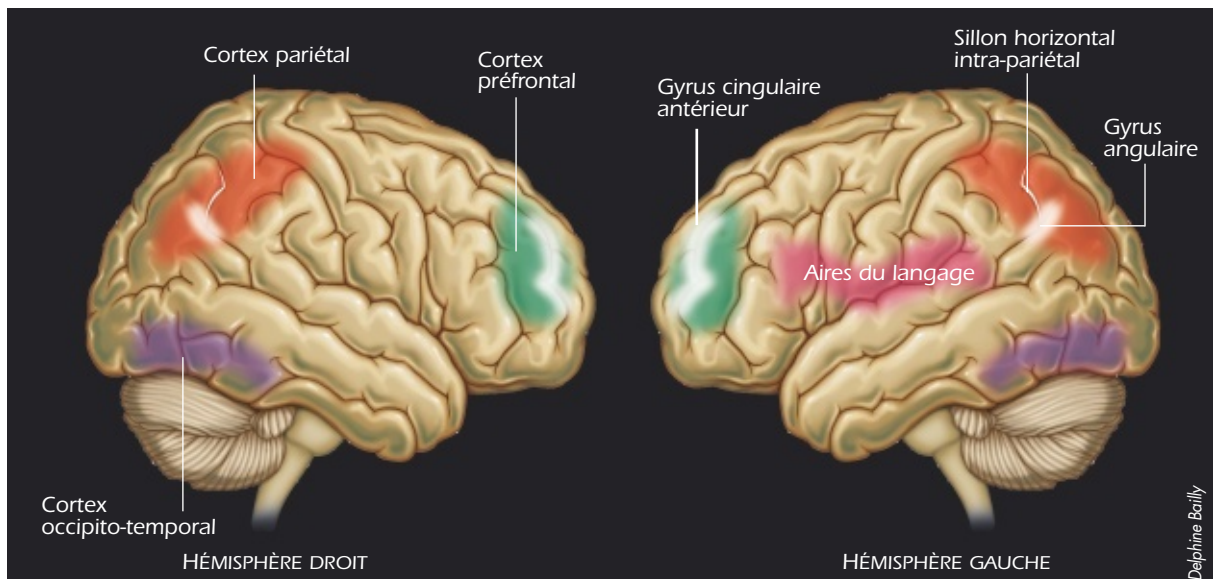
Le réseau du calcul

Il n'existe pas de région spécifique dédiée au calcul – pas de « bosse des maths ». Trois systèmes cérébraux distincts, mais interconnectés, sous-tendent les trois formats de représentation mathématique du « triple code ». Selon cette théorie proposée par S. Dehaene et L. Cohen, l'information numérique se décompose en trois formats : un verbal, un visuel et un analogique. Le premier est lié aux aires du langage – aires de Broca et de Wernicke (*en rose*) – situées dans l'hémisphère gauche ; il permet de compter et de retenir les tables d'addition et de multiplication. Le deuxième correspond aux régions occipito-temporales (*en violet*) des deux hémisphères ; il est nécessaire pour l'écriture en chiffres

arabes, mis en jeu dans les calculs complexes et les jugements de parité. Le troisième, l'analogique, est sous-tendu par les régions pariétales droites et gauches (*en orange*) autour du sillon horizontal intrapariétal ; il code l'importance des nombres et permet les comparaisons, l'estimation des quantités ou les calculs approximatifs.

En outre, le cortex préfrontal (*en vert*) intervient dans la mémoire de travail et les mécanismes de planification et de contrôle, ces aptitudes participant aux calculs complexes et à la résolution de problèmes.

Quelques données de l'imagerie cérébrale suggèrent que la dyscalculie serait due à des anomalies des régions pariétales.



ignore leur validité ou leurs avantages respectifs. En revanche, les rééducations phonologiques apportent de réelles améliorations, surtout en cas d'entraînement intensif (l'enfant voit alors l'orthophoniste au moins trois fois par semaine, voire tous les jours).

En général, un enfant dyslexique reste dyslexique à l'âge adulte, même s'il sait lire et comprend ce qu'il lit ; toutefois, l'adulte continue à lire lentement et reste dysorthographique. Le succès d'une rééducation dépend de facteurs propres à chaque enfant dyslexique.

Grâce à l'imagerie fonctionnelle, on étudie non seulement les déficits du réseau cérébral de la lecture, mais aussi sa « plasticité » due à des phénomènes de compensation ou des entraînements intensifs. Six études réalisées chez des enfants dyslexiques montrent qu'une augmentation de l'activité cérébrale est associée à une amélioration des performances linguistiques, après des protocoles de rééducation divers, mais intensifs dans la prise en charge.

Le cerveau « compense »

Par exemple, dans l'étude de l'équipe d'Elise Temple, à l'Université Stanford, avant l'entraînement, la région pariéto-temporale gauche ne s'activait pas chez les enfants dyslexiques lors d'un exercice de rimes. En revanche, elle s'active chez les « normo-lecteurs ». Par ailleurs, la région frontale gauche des dyslexiques et des sujets contrôles s'active, mais dans des aires différentes. Après entraînement, chez les dyslexiques, l'activité de la région temporale ou pariétale gauche augmente, et la région frontale gauche s'active dans la même aire que chez les personnes contrôles. On observe aussi une hyperactivité des régions temporale et frontale droites. Ces améliorations correspondent à de meilleures aptitudes phonologiques (les enfants manipulent mieux les phonèmes), mais ne semblent pas avoir de lien direct avec les capacités de lecture.

Avec l'entraînement phonologique, le cerveau semble remodelé. Mais les mécanismes en jeu au plan cognitif et au plan cérébral semblent peu spécifiques : on obtient les mêmes améliorations avec des exercices non verbaux. Par exemple, on propose à l'enfant des exercices sollicitant la concentration et l'attention visuelle : il doit repérer un trajet dans un labyrinthe ou retrouver parmi plusieurs formes géométriques celle qui correspond à un modèle. Ainsi, lors des entraînements, plu-

Les symptômes de l'enfant « dys »

La dyslexie

- L'enfant confond à la lecture certaines lettres de formes voisines ou proches phonétiquement : *piton* devient *bidon*, *hippopotame*, *hippopapame*. Ces confusions ne sont pas systématiques.

- Il inverse l'ordre des lettres (*on* est lu *no*), de certaines syllabes, de certains mots.

- Il omet certains sons (*bar* est lu *ba*) ou en ajoute d'autres (*poltron* est lu *polteron*).

- La lecture est hachée, hésitante, incompréhensible.

- L'enfant ne réussit pas à automatiser la mise en correspondance des graphèmes en phonèmes ; la lecture reste lente, surtout pour les mots nouveaux et les textes longs.

- Des troubles de l'orthographe sont associés.

La dyscalculie

- Dans les dyscalculies verbales, l'enfant a des difficultés pour réaliser des opérations simples (addition, soustraction, multiplication et division), et pour mémoriser et récupérer des informations arithmétiques.

- Dans les dyscalculies visuelles, il lit ou écrit mal les chiffres arabes.

- Dans les dyscalculies analogiques, l'enfant présente des déficits dans presque tous les domaines.

- Il ne peut se libérer de matériel concret ; il compte sur ses doigts jusqu'à la troisième année de primaire.

- Il apprend par cœur le résultat d'opérations arithmétiques, mais ne les comprend pas.

- Il a de grandes difficultés à se représenter des nombres, à lire l'heure et à évaluer des distances ou des durées.

sieurs facteurs, spécifiques ou non au langage, influeraient sur les symptômes de la dyslexie et leurs mécanismes neurologiques.

Si ces anomalies structurales sont présentes dès le plus jeune âge, quelle en est la cause ? Des facteurs génétiques interviennent-ils ? On a initialement suspecté l'implication de gènes dans la dyslexie, car on a mis en évidence une augmentation du risque de dyslexie chez les proches parents d'un sujet atteint. Puis de grandes études comparatives réalisées chez les jumeaux monozygotes – de vrais jumeaux ayant les mêmes gènes – et dizygotes – ayant des gènes différents – ont montré que, si un enfant est dyslexique, son frère a 50 à 65 pour cent de risques de l'être aussi.

Aujourd'hui, on sait qu'une dizaine de régions du génome humain sont liées au risque de développer une dyslexie. Ces régions se situent sur plusieurs chromosomes, et deux gènes notamment – *DCDC2* et *K1A0319* – augmenteraient le risque de dyslexie ; chez

l'animal, ces gènes interviennent dans les mécanismes de la migration neuronale... Or c'est justement des anomalies de ce phénomène qui engendrent la formation des ectopies, dont la mise en évidence chez l'homme a été, rappelons-le, le point de départ des recherches sur les causes neurobiologiques de la dyslexie. Ces études confirment aussi le caractère complexe de la dyslexie : plusieurs gènes jouent vraisemblablement un rôle. Cette complexité expliquerait en partie l'hétérogénéité observée en clinique, car les troubles des enfants dyslexiques ou dysorthographiques sont très différents.

En ce qui concerne la dyscalculie – ou plutôt les dyscalculies –, les recherches dans ce domaine sont moins abondantes que sur la dyslexie. On ignore par exemple s'il existe des ectopies dans le cerveau des dyscalculiques. Néanmoins, depuis quelques années, de nouveaux modèles théoriques et les études en imagerie fonctionnelle permettent de formuler des hypothèses concernant les déficits en calcul rencontrés dans l'enfance.

La dyscalculie concernerait 3,6 à 7,7 pour cent des enfants scolarisés. Elle serait moins fréquente que la dyslexie et serait associée aux troubles de la lecture dans 17 à 64 pour cent des cas (les études et les méthodes d'évaluation de l'arithmétique jouant sans doute un rôle dans cet écart), ainsi qu'à des troubles de l'attention. De fait, seul un tiers des enfants dyscalculiques ne souffre que de ce trouble.

Différentes classifications ont été proposées pour rendre compte de l'hétérogénéité des profils neuropsy-

chologiques des enfants dyscalculiques. Selon le modèle théorique du « triple code » proposé par S. Dehaene et L. Cohen à la fin des années 1990, l'information numérique peut être manipulée dans trois formats de représentation : un format dit verbal, impliqué dans le comptage, l'apprentissage et la mémorisation des faits numériques (tables d'addition ou de multiplication) ; un format visuel, nécessaire pour l'écriture en chiffres arabes mise en œuvre dans les calculs complexes (par exemple, pour un enfant de huit ans, calculer $53 - 39$) et les jugements de parité ; et un format analogique qui code l'importance des nombres et permet les comparaisons, l'estimation des quantités ou les calculs approximatifs.

Pas de bosse des maths

Ainsi, Michael Von Aster et son équipe à Berlin distinguent trois types de dyscalculies : les dyscalculies verbales engendrant des difficultés dans la mise en œuvre des routines de comptage pour réaliser des additions, et dans le stockage et la récupération d'informations arithmétiques ; les dyscalculies visuelles correspondant à des problèmes de lecture et d'écriture des nombres en chiffres arabes ; et les dyscalculies analogiques (ou générales) entraînant des déficits dans pratiquement tous les domaines de l'activité numérique. Nous verrons que les enfants concernés par ce dernier type de dyscalculie sont privés du « sens du nombre », une notion introduite par S. Dehaene.

Les études récentes en imagerie fonctionnelle permettent de rejeter l'ancienne idée – associée à la « bosse des maths » – de l'existence d'une région cérébrale unique impliquée dans les aptitudes mathématiques. On sait désormais que les formats de représentation du modèle du triple code sont soutenus par trois systèmes cérébraux distincts, mais interconnectés : les régions pariétales pour le code analogique, les aires du langage de l'hémisphère gauche pour le code verbal et les régions occipito-temporales pour le code visuel (voir l'encadré page 80).

S. Dehaene et son équipe ont montré que l'exécution d'une opération simple, telle que soustraction ou une multiplication à un chiffre, implique un réseau comprenant les régions pariétale, préfrontale et cingulaire chez le sujet sain. D'autres études soulignent, dans des acti-



© Shutterstock/Maria Pavlova

2. Un peu de phonologie...

■ Le phonème est la plus petite unité sonore qui permet de distinguer deux mots. Par exemple, /b/ et /v/ sont deux phonèmes différents en français.

■ Le graphème est l'unité élémentaire d'une langue écrite alphabétique ; c'est l'élément graphique correspondant au phonème. Ce n'est pas toujours une lettre unique : par exemple, le français ne dispose que de six lettres (a, e, i, o, u, y) pour retranscrire les 16 voyelles utilisées à l'oral. On utilise alors une combinaison de lettres pour écrire certaines voyelles, par exemple la voyelle /ä/ dans le mot *antenne*, /œ/ dans le mot *fleur*, et /u/ dans le mot *mouche*. Ces graphèmes sont progressivement associés aux phonèmes correspondants quand on apprend à lire.

vités de calcul, la contribution d'une région du cortex pariétal des deux hémisphères : le sillon horizontal intrapariétal. Ce dernier serait le support d'une représentation sémantique du nombre, indépendante du code verbal. Dans le lobe pariétal gauche, le gyrus angulaire participe aussi au calcul, mais, contrairement au sillon intrapariétal, il dépend du code verbal et participe à la récupération des informations arithmétiques mémorisées. Pour les calculs plus complexes ou la résolution de problèmes, interviennent la mémoire de travail et des mécanismes de planification et de contrôle qui incombent aux aires préfrontales.

« Le sens du nombre » est une aptitude universelle nécessaire à la représentation et à la manipulation des valeurs numériques sans le langage. Cette capacité cognitive serait en partie innée : dès les premiers mois de la vie, l'enfant manipule les nombres dans des opérations mettant en jeu au maximum trois éléments, mais il ne peut qu'estimer des collections de plus de trois objets (« il y en a beaucoup », c'est-à-dire plus de trois). Toutefois, le développement du code analogique permettant à l'enfant et à l'adulte l'estimation des quantités ou les calculs approximatifs sur les grands nombres est progressif pendant la phase préscolaire et les premières années de l'école primaire. Qui plus est, on sait que les capacités verbales, visuospatiales et exécutives – l'attention et la mémoire de travail – jouent un rôle important.

Une perte du sens du nombre

Un consensus semble se dégager : la dyscalculie serait une perte du « sens du nombre » due à un dysfonctionnement des circuits neuronaux participant à cette capacité. On pense notamment à une anomalie pariétale. On a mis en évidence une diminution du volume du cortex, d'une part, dans la région pariétale gauche d'adolescents dyscalculiques, anciens prématurés d'intelligence normale, d'autre part, au niveau du sillon intrapariétal droit de jeunes filles présentant une maladie génétique et souffrant d'une dyscalculie associée à des difficultés de visualisation de l'espace.

Ce trouble aurait une cause génétique. En effet, il existe une fréquence élevée d'antécédents de dyscalculie dans les familles d'enfants présentant cette pathologie. Mais cette hypothèse génétique est moins étayée que dans le domaine des dyslexies, et, à ce jour, aucune

région chromosomique, ni aucun gène candidat n'ont été proposés dans les dyscalculies.

En général, quand un enfant souffre de dyscalculie, les méthodes de rééducation concernent les difficultés cognitives qui sous-

La rééducation des enfants dyslexiques ou dyscalculiques doit être adaptée aux performances et aux difficultés de chaque enfant.

tendent le trouble : on ne rééduque pas de la même façon un enfant ayant des difficultés importantes dans le domaine de la mémoire de travail qu'un enfant avec un déficit visuospatial. À l'heure actuelle, aucune étude scientifique n'évalue une approche rééducative spécialisée pour les dyscalculies ; on sait cependant que certaines interventions en milieu scolaire ont une réelle efficacité.

Pour les troubles « dys », l'objectif est de comprendre l'influence des facteurs génétiques, mais aussi environnementaux. Un grand projet européen, nommé *Neurodys*, est actuellement en cours ; on espère que les résultats permettront de mieux comprendre les liens entre caractéristiques génétiques, activité cérébrale et performances dans les tests de langage. Il permettra peut-être d'identifier certains mécanismes de ces pathologies.

À l'école, les méthodes d'enseignement de la lecture et du calcul ont évolué et prennent en compte les résultats scientifiques concernant les bonnes stratégies d'apprentissage. Elles visent plusieurs niveaux et modes de représentation du langage ; il s'agit aussi bien des unités (comme la syllabe) qui constituent les mots que le sens porté par les mots ou les phrases. De plus, les capacités d'expression écrite sont encouragées parallèlement à l'apprentissage de la lecture, tant il est vrai que l'expression et l'analyse orthographique se renforcent mutuellement. En outre, les enfants sont entraînés au calcul approximatif et de tête, ce qui reste une bonne pratique d'après les résultats récents sur les troubles de l'apprentissage. Enfin, le goût de la lecture et l'attrait de la découverte d'un récit doivent être communiqués aussi tôt que possible par tous les adultes qui entourent l'enfant, leurs parents et leurs enseignants. ■

Bibliographie

B. Butterworth et al., *Dyscalculia : from brain to education*, in *Science*, vol. 332, pp. 1049-1053, 2011.

S. Shaywitz et al., *The education of dyslexic children from childhood to young adulthood*, in *Annual Review of Psychology*, vol. 59, pp. 451-475, 2008.

M. Von Aster et R. Shalev, *Number development and developmental dyscalculia*, in *Developmental Medicine and Child Neurology*, vol. 49, pp. 868-873, 2007.

J.-F. Démonet et al., *Developmental dyslexia*, in *Lancet*, vol. 363, pp. 1451-1460, 2004.

S. Dehaene et al., *Arithmetic and the brain*, in *Current Opinion in Neurobiology*, vol. 14, pp. 218-224, 2004.

Dormir pour mieux apprendre

Les adolescents ne devraient pas négliger leur sommeil : la mémorisation à long terme d'informations pertinentes est meilleure après une bonne nuit de sommeil. Les souvenirs sont non seulement « consolidés », mais ils sont aussi triés.

Bien dormir et en quantité suffisante est essentiel au bien-être... chacun a déjà ressenti les effets négatifs d'un déficit en sommeil : le manque de concentration, d'attention et d'énergie, l'irritabilité ou encore la fatigue. Le sommeil permet à l'organisme de récupérer (physiquement et psychologiquement) et de sécréter l'hormone de croissance, mais il joue aussi un rôle crucial dans les mécanismes d'apprentissage et de mémorisation. De nombreuses études confirment qu'un sommeil de bonne qualité, en quantité suffisante, et des rythmes biologiques réguliers participent au bon fonctionnement de la mémoire.

De façon schématique, on distingue deux types de sommeil : le sommeil lent et le sommeil paradoxal. Le premier est divisé en sommeil lent léger et en sommeil lent profond, et c'est au cours du sommeil paradoxal que surviennent la majorité des rêves. Ces différents stades de sommeil se succèdent au cours de la nuit en cycles d'environ 90 minutes. Une activité électroencéphalographique et un environnement neurochimique spécifiques caractérisent chaque stade, et fournissent des conditions favorables à un processus lent et complexe qui aboutit au stockage des sou-

venirs et des connaissances en mémoire à long terme. Examinons comment les informations sont mémorisées durant le sommeil.

Depuis une vingtaine d'années, plusieurs études où l'on empêchait des volontaires de dormir ont montré que le sommeil lent profond, prédominant en début de nuit, permet de consolider, c'est-à-dire de stocker à long terme, des souvenirs en mémoire épisodique. Cette mémoire enregistre tous les événements vécus que l'on est capable de situer précisément dans le temps et dans l'espace (par exemple, le jour de son mariage). En laboratoire, on évalue cette forme de mémoire avec des exercices consistant à mémoriser des séries de mots, même si ce type de tâche n'explore qu'une facette de la mémoire épisodique, sans tenir compte des dimensions spatiale et temporelle des souvenirs.

Les phases du sommeil

À l'inverse, le sommeil paradoxal, qui prédomine en fin de nuit, favoriserait la consolidation des apprentissages procéduraux, c'est-à-dire la mémoire des capacités et savoir-faire (par exemple, jouer du piano). D'autres travaux ont montré que le sommeil lent profond et le sommeil paradoxal participaient tous deux

Géraldine Rauchs
travaille dans l'Unité
INSERM U1077
de Neuropsychologie
et neuroanatomie
fonctionnelle
de la mémoire
humaine,
à l'Université
de Caen-
Basse-Normandie.



Wavebreakmedia Ltd / Shutterstock.com

à la consolidation des souvenirs quel que soit le type de mémoire mis en jeu.

Pour étudier les liens entre sommeil et apprentissage, nous avons utilisé une épreuve qui nous a permis d'évaluer les différentes facettes de la mémoire épisodique, c'est-à-dire le contenu factuel et les dimensions spatiale et temporelle. Les volontaires devaient mémoriser deux listes de mots (contenu factuel) et pour chaque mot, leur position sur une feuille de papier (dimension spatiale) et la liste où il se trouvait (dimension temporelle). Puis nous avons ou non privé les participants de sommeil – plus précisément de certaines phases de sommeil – et avons évalué comment ils retenaient ces mots.

Ainsi, nous avons montré que le sommeil lent profond consolide surtout les aspects temporels du souvenir, alors que le sommeil paradoxal est bénéfique à la mémorisation des caractéristiques spatiales. D'autres études soulignent que le sommeil lent léger participe aussi à ce processus. En fait, la succession ordonnée des différents stades de sommeil au cours de la nuit refléterait les divers traitements que subit la trace mnésique et qui la rendent stable et résistante aux interférences et à l'oubli.

Les techniques d'imagerie cérébrale (la tomographie par émission de positons ou TEP et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou IRMf) ont permis aux scientifiques de mieux comprendre le rôle du sommeil dans la consolidation des souvenirs. Avec ces outils, on observe le cerveau fonctionner, c'est-à-dire les régions dont l'activité augmente ou diminue, au cours des différents stades du sommeil, mais aussi lors d'une tâche de mémorisation. On étudie ces paramètres chez des sujets ayant dormi et d'autres privés de sommeil après l'apprentissage et l'on compare leurs activités cérébrales.

Grâce à ces techniques, on a montré que la consolidation des souvenirs repose sur un mécanisme de réactivation des neurones dans

1. Les adolescents

manquent souvent de sommeil et somnolent dans la journée : ils ne mémorisent pas correctement les informations qu'ils entendent...

En Bref

- Les différentes phases du sommeil participent à la mémorisation des apprentissages, qu'ils soient épisodiques, tel retenir des mots, ou procéduraux, par exemple faire du vélo.
- Dans l'hippocampe, les ondes du sommeil « réactivent » les neurones, de sorte que la trace mnésique est consolidée.
- Le sommeil favorise aussi le tri des informations pertinentes.

l'hippocampe, une des régions essentielles à la mémorisation et aux apprentissages. Pour ce faire, Philippe Peigneux et ses collègues, de l'Université de Liège, ont proposé à des étudiants d'apprendre à se repérer dans une ville virtuelle complexe (cette tâche de navigation spatiale active un certain nombre de régions du cerveau dont l'hippocampe). Puis, au cours de la nuit suivante, ils ont enregistré l'activité cérébrale de ces sujets, notamment lors des épisodes de sommeil lent profond.

La réactivation nocturne des neurones

Ils ont constaté que l'hippocampe était réactivé au cours du sommeil chez les sujets soumis au préalable à l'apprentissage spatial, alors qu'il ne l'était pas chez des sujets n'ayant pas réalisé la tâche. Cette structure cérébrale « rejoue » la partition durant la nuit. En outre, plus l'hippocampe était réactivé au cours de la nuit, plus les performances des sujets, mesurées le lendemain matin, étaient bonnes. Ces données confirment l'existence d'un mécanisme de réactivation des traces mnésiques durant le sommeil, phénomène déjà observé chez le rongeur à partir d'enregistrements de l'activité électrique de différentes cellules de l'hippocampe nommées « cellules de lieu ».

La réactivation d'ensembles de neurones n'est pas le seul mécanisme permettant le

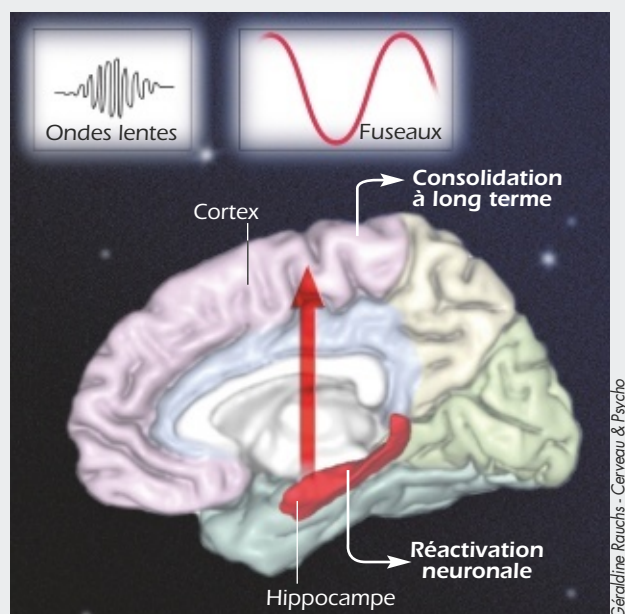
stockage à long terme des souvenirs. D'autres travaux ont également montré que les ondes lentes et les fuseaux de sommeil, caractéristiques respectivement du sommeil lent profond et lent léger, sont importants dans ce processus. Ces données ont permis aux scientifiques de proposer un modèle de consolidation des souvenirs au cours du sommeil.

Pour la mémoire épisodique, les informations qui viennent d'être acquises seraient réactivées par l'hippocampe lors du sommeil lent profond. Ces réactivations permettraient de « graver » plus profondément les traces mnésiques au sein des réseaux de neurones. Elles surviendraient en même temps que différentes ondes du sommeil lent (ondes lentes et fuseaux), le tout favorisant le transfert des souvenirs vers le cortex, c'est-à-dire des régions de la substance grise situées à la surface du cerveau, où ils seraient stockés à long terme (voir la figure 2). Ce dialogue nocturne entre l'hippocampe et les aires corticales ne se fait que si les concentrations de certaines substances telles que l'acétylcholine, un neurotransmetteur, et le cortisol, une hormone du stress, sont faibles en début de nuit. Ce mécanisme de stockage des informations est probablement semblable pour la mémoire procédurale, mais il impliquerait des régions distinctes du cerveau.

En conséquence, le sommeil participe à la mémorisation des souvenirs. Mais le cerveau

2. Les ondes lentes

accompagnant les phases de sommeil lent profond et les « fuseaux » survenant durant le sommeil lent léger participent à la consolidation des informations en mémoire à long terme. Lors d'un apprentissage, les neurones de l'hippocampe s'activent : les souvenirs sont d'abord triés dans l'hippocampe et ensuite « transférés » dans le cortex pour y être stockés à long terme. Au cours de la nuit qui suit l'apprentissage, ces ondes favoriseraient la réactivation des neurones de l'hippocampe, de sorte que la trace mnésique serait consolidée.



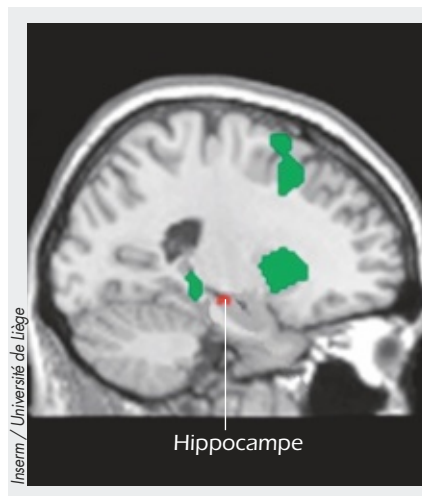
consolide-t-il toutes les informations auxquelles il est exposé chaque jour ou fait-il un tri ? Pour répondre à cette question, nous avons réalisé en 2011, avec des collègues de l'Université de Liège, une étude où nous avons présenté à des sujets jeunes des séries de mots. Chaque mot était suivi de la consigne « à retenir » ou « à oublier ». Juste après l'apprentissage, nous avons réparti les volontaires en deux groupes : les premiers ont été privés de sommeil durant la première nuit après l'apprentissage, les seconds ont eu le droit de dormir. Et nous avons fait passer un test de mémoire à tous les participants trois jours après l'apprentissage.

Une mémoire sélective

Ainsi, les sujets privés de sommeil renaissaient autant de mots « à retenir » que les sujets ayant dormi, mais ils identifiaient aussi plus de mots associés à la consigne « à oublier ». Grâce à l'IRM fonctionnelle, nous avons montré que, lors de l'apprentissage de mots, l'hippocampe était plus actif quand les participants devaient retenir un mot que lorsqu'ils devaient l'oublier. L'activation de l'hippocampe lors de l'apprentissage sélectionne donc ce qui sera consolidé au cours du sommeil : cette structure « étiquette » les cellules qui ont traité les informations à retenir pour indiquer qu'elles doivent se réactiver pendant le sommeil (voir la figure 3).

Ces résultats montrent qu'en cas de privation de sommeil, la mémoire fonctionne, mais ne distingue pas ce qui est utile et ce qui ne l'est pas. Nous pouvons imaginer qu'un étudiant qui se prive de sommeil avant un examen assimile des données utiles, mais aussi des informations parasites qui peuvent encombrer sa mémoire. L'oubli est nécessaire au bon fonctionnement de la mémoire et n'est pas forcément une défaillance...

Durant l'adolescence, les apprentissages scolaires sont denses et les besoins physiologiques en sommeil en général insatisfaits. Selon une enquête Sofrès/ISV réalisée en 2005 auprès de 502 adolescents âgés de 15 à 19 ans, le besoin de sommeil est d'environ neuf heures par nuit. Or le temps de sommeil en semaine est inférieur, de l'ordre de 7h45 en moyenne. Ce manque de sommeil accumulé en semaine conduit souvent à une récupération durant le week-end, avec notamment un lever tardif dans la matinée (décalé de



3. Le sommeil permet au cerveau de trier les informations pertinentes. Lors de la mémorisation de mots, l'hippocampe des participants s'active plus quand ces derniers doivent retenir un mot que lorsqu'ils doivent l'oublier. C'est ce signal dans l'hippocampe qui indique au cerveau ce qu'il doit consolider en mémoire à long terme et ce qu'il peut effacer.

3h30 en moyenne). Cette privation chronique de sommeil a plusieurs causes : d'abord, l'horloge biologique régulant le cycle veille-sommeil est programmée pour provoquer un endormissement et un éveil plus tard chez les adolescents. De plus, l'envie de réussir en classe, les emplois du temps chargés, les durées de transport, mais également les nouvelles technologies – présence dans la chambre de la télévision, du téléphone, de l'ordinateur, etc. – sont autant de facteurs contribuant à diminuer la durée du sommeil. Ce manque de sommeil observé à l'adolescence provoque une somnolence importante au cours de la journée et perturbe notamment l'humeur et la prise de décision.

Sommeil versus mémoire

Une étude américaine a suivi plusieurs milliers de collégiens et lycéens auxquels on avait proposé deux horaires de début de cours, soit 7h20, soit 8h40. La plupart des élèves préférèrent commencer les cours à 8h40 plutôt qu'à 7h20. En outre, ceux ayant commencé les cours plus tard somnolent moins dans la journée, et sont plus attentifs. Ils présentent également moins de symptômes dépressifs.

D'autres travaux ont montré que le manque de sommeil a des effets négatifs sur les performances et les résultats scolaires. En conséquence, il est nécessaire de bien connaître ses besoins en sommeil et de les respecter au mieux. Il serait aussi utile de réfléchir à l'organisation du travail scolaire pour améliorer la qualité de vie et les conditions d'apprentissage des élèves. ■

Bibliographie

G. Rauchs et al.,
Sleep contributes to the strengthening of some memories over others, depending on hippocampal activity at learning,
in *Journal of Neuroscience*,
vol. 31, pp. 2563-2568, 2011.

S. Diekelmann et J. Born,
The memory function of sleep, in *Nature Reviews Neuroscience*,
vol. 11, pp. 114-126,
2010.

Le sommeil et ses troubles,
L'Essentiel Cerveau & Psycho, n° 2,
mai-juillet 2010.

Comment gérer les classes difficiles ?

Quelques élèves perturbateurs ou agités transforment parfois une classe en chaos. L'enseignant peut intervenir pour restaurer un meilleur climat de travail et rétablir avec les élèves une relation d'autorité respectueuse et bienveillante.

Jean-Claude Richoz
est professeur formateur à la Haute école pédagogique de Lausanne, en Suisse.

Depuis quelques années, les enseignants sont de plus en plus souvent confrontés à des classes difficiles à gérer, où règne une certaine indiscipline. Ils se plaignent du manque d'éducation et d'intérêt des élèves, ainsi que de la pénibilité de leurs conditions de travail. Confrontés à d'importantes difficultés pour exercer leur métier, certains finissent par ne plus éprouver de plaisir à enseigner, sont fatigués, découragés et parfois même dégoûtés par leurs élèves. Des enquêtes effectuées dans des classes primaires montrent qu'une classe sur quatre ou sur cinq, selon les endroits, est concernée. Cette proportion est élevée et requiert une prise de

conscience. Face au développement de l'indiscipline, il importe de réagir avant que le phénomène ne prenne plus d'ampleur.

L'expérience acquise dans le recadrage de telles classes montre que l'on peut intervenir avec succès dans bon nombre de cas. Dans cet article, nous décrivons brièvement les moyens utilisés par des enseignants pour restaurer un climat de travail et rétablir avec leurs élèves une relation d'autorité respectueuse et bienveillante. Les indications fournies dans ce cadre portent essentiellement sur les classes maternelles et primaires, parce qu'il est assez facile d'agir à ces niveaux de la scolarité et qu'une intervention précoce représente la meilleure des préventions pour éviter une dégradation plus sérieuse des situations dans les collèges.

Une classe peut être qualifiée de difficile quand un enseignant ne peut pas exercer correctement son métier et que la majorité des élèves ne peut plus se concentrer et travailler dans le calme, à cause de perturbations diverses. Souvent, les problèmes sont mineurs (bavardages, agitation, refus de travailler, passivité, etc.), mais leur multiplication et leur accumulation finissent par entraver sérieusement le travail des enseignants et des élèves.

En Bref

- Les classes difficiles sont le plus souvent le fait d'un petit nombre d'élèves perturbateurs, agités ou opposants.
- De nombreux enseignants n'osent malheureusement plus faire preuve d'autorité devant leurs classes, parce qu'ils doutent ou ont peur de passer pour... autoritaires.
- Pour établir un climat de travail dans une classe, il faut créer une bonne relation affective avec les élèves, faire respecter certaines règles essentielles et ne pas hésiter à sanctionner.

Il est important de considérer qu'une classe n'est en soi jamais difficile, mais qu'elle le devient dans un contexte relationnel et des circonstances particulières. Une même classe peut parfois être quasi ingérable pendant quelques semaines ou quelques mois et redevenir ensuite normale, simplement parce que les difficultés se sont aplanies avec le temps ou parce qu'on a pris des mesures appropriées pour rétablir un climat de travail et une relation positive de l'enseignant avec ses élèves.

Qu'est-ce qu'un élève difficile ?

Au niveau individuel, un élève est perçu comme difficile quand il demande tellement d'attention et d'énergie que l'enseignant ne peut plus enseigner et s'occuper du reste de la classe comme il devrait le faire. On distingue principalement des élèves difficiles de type perturbateur, agité ou opposant, certains enfants présentant parfois plusieurs de ces caractéristiques (voir la figure 4).

1. Une classe sur quatre ou cinq selon les endroits serait difficile : présence d'élèves bruyants, tapageurs, refusant les activités de la classe ; ambiance tendue et délétère.

L'élève perturbateur bavarde souvent, dérange la classe, ne respecte pas les règles, chahute, attire l'attention de ses camarades, les distrait et les fait rire, interrompt l'enseignant, fait intentionnellement du bruit et émet souvent des remarques ou des commentaires à haute voix. L'élève agité ne reste pas tranquille sur sa chaise, se lève, se déplace, n'est pas attentif, se laisse facilement distraire, joue et fait du bruit avec son matériel. Il est aussi impulsif, interrompt les autres, prend spontanément la parole, peine à terminer son travail, ne fait pas ce qu'on lui demande, est peu ou mal organisé, et oublie ses affaires. Enfin, l'élève opposant refuse de travailler, de faire ce qui est demandé, ne fait pas ses devoirs, n'obéit pas, conteste, exprime ouvertement son désintérêt, provoque, répond à l'enseignant, le défie, se met en colère, est grossier, insulte, menace, fait des crises, etc.

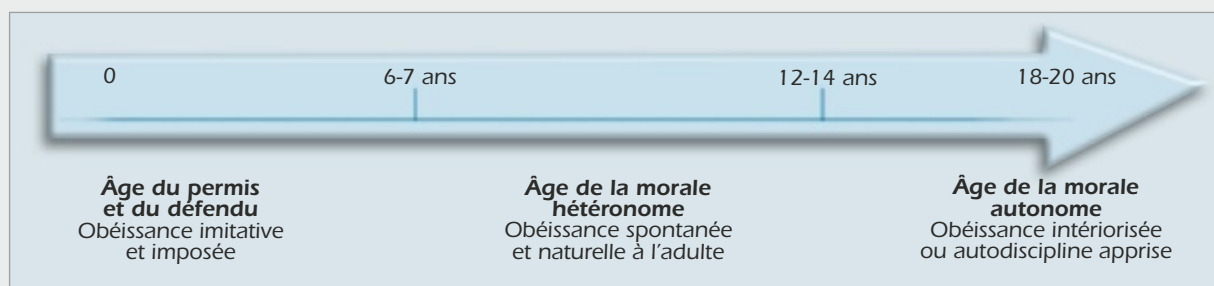
Dans les classes qui posent problème, on trouve en moyenne cinq élèves difficiles (sur 20), avec à peu près autant d'élèves perturbateurs et agités et un nombre plus faible d'élèves opposants, mais ces derniers représentent un facteur de gêne important. Certaines classes sont même parfois perçues comme difficiles par les enseignants en raison de la présence d'un seul élève de type opposant.

Rétablir un cadre de travail

Pour réussir à remettre une classe difficile au travail, l'enseignant doit rétablir une relation d'autorité respectueuse et bienveillante, en commençant par s'appuyer sur son autorité de statut. Celle-ci lui donne le droit d'exiger et d'obtenir que les élèves respectent des règles de travail qui garantissent le maintien de la discipline et le déroulement normal des activités d'apprentissage. Mais cette autorité doit surtout être considérée comme un devoir et une responsabilité à assumer, car le respect de certaines règles est nécessaire pour garantir un cadre de travail sécurisant et propice à l'apprentissage de tous les élèves. Ce cadre de discipline doit clairement établir les possibles et les interdits, être stable, impartial et impliquer un respect réciproque. Pour le poser, trois éléments sont importants : des règles essentielles, des règles pratiques et des rituels, ces derniers facilitant la compréhension et le respect des règles par les enfants. Dans la liste des règles essentielles pour les classes maternelles et



maximino / Shutterstock



2. Le développement moral durant l'enfance et l'adolescence passe par trois phases.

Durant les deux premières (obéissance imposée, puis naturelle), l'enfant obéit à une morale qui vient de l'extérieur. La relation d'autorité dépend principalement du lien affectif qui l'unit aux adultes.

Dans la troisième phase, il doit apprendre à respecter de lui-même des règles de comportement (obéissance intériorisée ou autodiscipline) pour accéder peu à peu à l'autonomie morale.

primaires, il importe d'expliquer avec une conviction particulière les suivantes : la classe est un lieu de travail ; les élèves obéissent à l'enseignant ; chaque élève a le droit d'apprendre ; l'enseignant a le devoir et le droit d'enseigner ; chacun est capable et a de la valeur ; chacun doit se sentir en sécurité pour travailler.

Apprendre des règles

Dans la plupart des situations où l'enseignement est difficile, l'analyse montre que les enseignants ont mis en place des règles pratiques, par exemple, celles qui concernent les déplacements en classe, le rangement du matériel, les sorties aux toilettes, le fait de manger en classe, les oublis ou les arrivées tardives, en bref la gestion du quotidien. Mais ils pratiquent peu de rituels, tels que serrer la main des élèves à la porte, leur demander de se lever au début d'une leçon, attendre qu'un silence parfait s'installe avant de commencer, ou encore instaurer la lecture quotidienne d'une histoire ou le coloriage d'un mandala durant cinq minutes après la récréation (voir la figure 3). Par ailleurs, les enseignants oublient le plus souvent d'explicitement les règles les plus essentielles de l'enseignement, en particulier la règle du travail et celle de l'obéissance. Dans les situations problématiques, certaines classes deviennent pour cette raison des « zones de non-droit ». L'enseignant n'a plus le droit d'enseigner et les élèves qui veulent travailler n'ont plus le droit de le faire.

La première chose à entreprendre dans une classe difficile à gérer est de rétablir des règles de travail et de les faire respecter, mais encore faut-il poser ce cadre correctement.

Contrairement aux pratiques en vogue ces 20 dernières années, qui faisaient fortement appel à l'autodiscipline des enfants en visant très tôt le développement de leur autonomie, les études des psychologues Jean Piaget et Lawrence Kohlberg montrent que l'apprentissage des règles suit un processus d'acquisition qui passe par différentes étapes. Ces étapes correspondent aux grandes phases du développement moral de l'être humain et doivent être respectées pour que l'enfant accède progressivement à une autonomie morale mature et responsable. Pour en faciliter la mise en pratique, on peut distinguer de façon simplifiée trois phases principales dans ce long apprentissage : la phase du permis et du défendu durant la petite enfance, la phase de la morale hétéronome durant l'enfance et la phase de la morale autonome à partir de l'adolescence (voir la figure 2).

Ce schéma met en évidence que l'apprentissage des règles passe en fait par un apprentissage sous-jacent de l'obéissance, qui s'effectue lui aussi selon une progression en trois phases : l'obéissance imitative et imposée, à inculquer impérativement au petit enfant en lui donnant des repères éducatifs concrets, précis et répétés ; l'obéissance spontanée et naturelle de l'enfant à l'adulte, qui se développe sur fond de relation affective durant l'enfance ; et l'obéissance intériorisée, ou autodiscipline, qui apparaît à l'adolescence et conduit progressivement à la maturité morale de l'adulte. Durant les deux premières phases de ce développement (correspondant aux classes maternelles et primaires), l'enfant en est donc encore à l'âge

de la morale hétéronome, c'est-à-dire d'une morale qui doit venir de l'extérieur, et la relation d'autorité dépend principalement du lien affectif qui l'unit aux adultes représentant l'autorité. L'enfant accepte les règles qui lui sont imposées s'il existe une relation de cœur avec l'adulte. Il a besoin de vivre dans une atmosphère de sécurité affective et accorde une foi totale et une confiance absolue aux personnes pour qui il a de l'affection. Il veut leur faire plaisir ou leur ressembler. C'est l'âge des « Mon papa a dit... », « Ma maîtresse a dit... » contre lesquels il n'y a pratiquement rien à faire, si ce n'est s'incliner.

La relation d'autorité dans les classes maternelles et primaires doit donc être verticale, hiérarchique et permettre à l'enfant de vivre l'expérience de l'obéissance à l'adulte, de reconnaître et d'accepter que c'est l'adulte qui commande. Elle passe par la contrainte morale des enseignants qui, avec conviction et détermination, posent des exigences et des limites, apprennent à l'enfant à respecter des règles, en sanctionnant sans état d'âme les écarts de conduite. Durant la période de la morale hétéronome, cette expérience de l'obéissance est très naturelle pour l'enfant. C'est l'âge où il a envie et est disposé à obéir, car il considère au plus profond de lui-même que les règles viennent des adultes et qu'elles sont sacrées.

Dans les classes maternelles et primaires, l'enseignant peut par exemple dire aux enfants, dès le premier jour de la rentrée scolaire : « Dans cette classe, c'est la maîtresse qui commande et qui décide. Les enfants lui obéissent. » À l'âge de la morale hétéronome, les enfants acceptent très bien qu'une autorité s'impose hiérarchiquement, et les choses se

passent ensuite bien plus facilement. Quand surviennent des oppositions ou contestations, il suffit de rappeler que « c'est la maîtresse qui décide » ; si la maîtresse a réussi à tisser avec eux de bonnes relations affectives, les enfants acceptent très bien qu'il en soit ainsi.

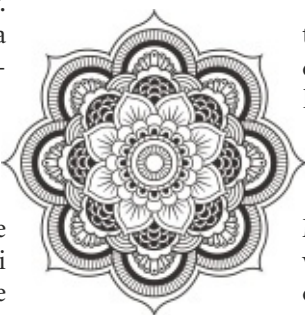
Soigner la relation affective

La meilleure façon de restaurer un climat de travail dans une classe qui dysfonctionne est de rétablir en parallèle la relation d'autorité et la relation affective avec les élèves concernés.

Un recadrage disciplinaire influe déjà en soi sur la relation enseignant-élèves, car il apporte aux enfants une plus grande sécurité affective. Mais il est essentiel de mettre en œuvre des activités spéciales pour créer un meilleur climat de classe et des conditions favorables à la relation. La plus simple et la meilleure consiste à raconter ou à lire une histoire par jour à la classe avec un petit rituel de transition pour emmener les enfants dans le monde de l'imaginaire (*voir la figure 6*). Mais il en existe bien d'autres, comme le coloriage de mandalas, des activités rythmiques, des jeux de mémorisation de mots, la réactivation de poésies ou de chants en fin de matinée ou de semaine, etc.

Dans ces diverses activités, l'intention pédagogique primordiale est de travailler sur le plan relationnel en sortant momentanément du domaine strict des apprentissages. Ces activités spéciales touchent les enfants à différents niveaux de leur être, principalement sur les plans imaginatif, ludique, créatif, en jouant sur leur penchant pour les rythmes, en leur faisant exercer leur extraordinaire mémoire et en stimulant l'éveil de leur individualité. Elles apparaissent moins scolaires que celles pratiquées d'ordinaire en classe et deviennent rapidement sources de détente et de plaisir partagé entre l'enseignant et les élèves. L'expérience montre qu'elles contribuent grandement à ce que des enseignants confrontés à des situations difficiles réussissent à ramener la sérénité dans leur classe et à recréer un enthousiasme pour la vie scolaire et les apprentissages. Elles redonnent même parfois à des enfants qui l'avaient perdue l'envie de revenir à l'école pour travailler !

Expliquer les règles essentielles et établir une relation affective avec les élèves sont les premières démarches pour prévenir l'indiscipline ou y mettre un terme si elle existe dans une classe. Il reste ensuite à sanctionner les



3. Un mandala

est un coloriage d'une figure centrée que les enseignants peuvent proposer durant cinq minutes après une récréation, par exemple pour permettre aux élèves de retrouver un climat de concentration, tout en éprouvant du plaisir à colorier. Une telle activité doit se dérouler dans un silence absolu.

4. L'élève perturbateur

distrain les autres, les fait rire pendant que le maître enseigne, n'écoute pas et empêche les autres de se concentrer. L'élève agité se déplace pendant le cours. L'élève opposant est dans le refus systématique et brave l'autorité du maître.



Monkey Business Image / Shutterstock

transgressions, car aucun système de règles ne fonctionne sans sanctions. Assez fréquemment, les enseignants ont des hésitations ou même des réticences à sanctionner, parce qu'ils ne sont pas convaincus de la nécessité de le faire et ne savent pas comment s'y prendre. En général, ils punissent les élèves plutôt que de les sanctionner, ce qui est précisément une des causes des difficultés qui surviennent. Les expériences de recadrage de nombreuses classes et élèves difficiles montrent que la sanction est une nécessité éducative, qu'elle sécurise les enfants et que l'art de sanctionner s'apprend vite. Si l'on procède avec détermination, il n'est pas nécessaire de sanctionner souvent, ni durant une longue période, pour que le recadrage réussisse.

Sanctionner sans punir

Pour être concret, si un enfant perturbe la classe, en bavardant par exemple, il suffit que l'enseignant lui demande de se lever, de pousser sa chaise, de croiser les mains dans le dos et de rester ainsi debout derrière son pupitre pendant trois minutes. La première fois, l'enseignant explique à l'enfant qu'il est pénalisé en devant rester debout parce qu'il n'a pas respecté telle ou telle règle. Au terme de la pénalité, l'enseignant indique à l'enfant qu'il peut se rasseoir. Quand les élèves sont habitués, un simple geste suffit pour signifier la sanction. C'est la toute première sanction

à appliquer dans les classes enfantines et primaires ; c'est une mesure simple, immédiate et très efficace avec presque tous les enfants.

Une autre sanction efficace, en particulier quand un enfant dérange une activité collective, consiste à lui demander de retourner s'asseoir un moment à sa place et de croiser les bras en silence, en attendant que l'enseignant lui fasse signe de revenir dans le groupe. Là aussi, trois à quatre minutes suffisent pour permettre à un enfant de retrouver son calme et l'inciter à mieux respecter les règles pour le reste de la journée.

L'expérience montre qu'avec ces deux sanctions, il est déjà possible de résoudre un grand nombre de problèmes de comportements dans les classes enfantines et primaires. Mais il s'agit de respecter certains principes pour que la mesure soit perçue comme une sanction et non comme une punition. Une sanction est une peine à endurer, un prix à payer pour avoir commis une faute, transgressé une règle. Or la même mesure peut être soit une sanction, soit une punition. C'est l'attitude de l'enseignant, sa façon de signifier la sanction et son intention au moment où il agit qui feront que la mesure sera acceptée comme une sanction méritée, ou au contraire vécue comme une punition injuste ou humiliante qui engendrera de la rancœur chez l'élève.

La peine à endurer ou le prix à payer pour une faute est une punition quand l'intention qui accompagne l'acte vise l'enfant lui-même et non son comportement, et a pour intention de le faire souffrir, de le stigmatiser ou de l'humilier. Envoyer un élève dans un coin de la classe ou à sa place, en s'adressant à lui de façon blessante et en lui disant qu'il n'est qu'un bon à rien ou en le traitant de nul, est un exemple de punition qui n'est pas rare (voir la figure 5). La peine à endurer ou le prix à



Gladskikh Tatiana / Shutterstock

5. Envoyer un enfant au coin

est une punition, si l'intention de l'enseignant est de le faire souffrir ou de l'humilier. Au lieu de punir, il vaut mieux sanctionner de façon respectueuse et bienveillante, c'est-à-dire donner à l'enfant une pénalité, un prix à payer pour avoir enfreint une règle. Demander à un élève de rester trois minutes debout derrière sa chaise, bien droit et en silence, est un exemple de sanction très efficace au primaire.

payer pour une faute acquiert une valeur de sanction éducative quand l'intention de l'enseignant vise le comportement de transgression d'une règle et non la personne elle-même, et qu'il entend, de façon bienveillante, aider l'enfant à prendre conscience de ses actes et à améliorer son comportement.

Cette nuance est subtile, mais essentielle. Aujourd'hui, la pratique courante dans les établissements est plutôt la punition et c'est une des raisons du développement de l'indiscipline. Il est essentiel que les enseignants cessent de punir et se mettent à sanctionner. Avec des classes ou élèves difficiles, l'expérience montre que la sanction est nécessaire pour avoir une chance de réussir un recadrage et qu'il faut sanctionner les élèves qui ne respectent pas les règles mises en place. Avertir ou menacer ne mène à rien. Pire, si les règles sont claires et qu'en cas de transgression, il ne se passe rien, ces règles perdent toute efficacité. Les élèves comprennent vite qu'elles ne sont là que pour la forme et développent un sentiment d'impunité qui a des conséquences désastreuses. Les enseignants doivent montrer par leurs actes qu'ils ne plaisantent plus. Pour cela, ils doivent se persuader que la sanction n'est pas un échec, mais une condition indispensable non seulement pour restaurer un cadre de travail acceptable pour tous, mais aussi pour permettre aux élèves de changer et leur apprendre à devenir responsables de leurs actes.

S'inspirer de l'arbitre

Le premier pas consiste à se déterminer mentalement à devoir sanctionner, comme le fait un arbitre de football ou de hockey sur glace qui entre sur un terrain ou une patinoire en sachant à l'avance qu'il devra forcément sanctionner tel ou tel joueur, parce que les règles ne seront pas respectées. Le deuxième pas est d'apprendre l'art de sanctionner. Pour cela, l'arbitre est également un bon exemple à suivre. Il siffle le plus souvent des sanctions immédiates (coups francs directs au football, pénalités de deux minutes au hockey) et lève de temps en temps ses cartons jaune ou rouge sans air menaçant, de façon déterminée et respectueuse, car il est le garant du respect des règles. L'expérience de recadrage des classes difficiles montre qu'il n'arrive quasiment jamais qu'un élève refuse une sanction en primaire, si l'enseignant est vraiment déterminé



Morgan Lane Photography / Shutterstock

6. Pour l'enfant,

l'autorité s'enracine dans une relation affective. Les activités conviviales et rituelles, telles que le fait de lire chaque jour une histoire à la classe, favorisent l'instauration d'un climat d'autorité serein entre l'enseignant et les élèves.

et animé de bienveillance. Il est aussi très rare que des parents viennent contester les mesures prises et soutenir leur enfant. Ils comprennent généralement qu'ils ont intérêt à collaborer avec l'enseignant pour le bien de leurs enfants. Ce qui engendre les conflits et les refus, ce sont les mesures de type punitif, pas les véritables sanctions.

Retrouver confiance !

Pour faire face à des classes ou élèves difficiles, les enseignants doivent retrouver confiance et développer la détermination nécessaire pour mener à bien les recadrages qui s'imposent. En équipe et avec le soutien de leur direction, ils sont la plupart du temps capables d'infléchir assez facilement les situations auxquelles ils sont confrontés. Il leur faut vraiment prendre conscience que la plupart des problèmes disciplinaires qui se posent dans les classes maternelles et primaires peuvent se résoudre en classe et que le piège pour eux est de se sentir impuissants en attribuant principalement à des causes extérieures (familiales ou autres) l'origine des problèmes. Cela exige conviction et détermination, comme le dit très bien Marie-Julie, une enseignante au primaire qui a réussi toute seule à venir à bout d'une classe difficile : « Maintenant que j'ai vécu cette expérience avec ma classe, je me rends compte qu'il s'agit surtout de se faire confiance et de croire à ce que l'ont dit pour que cela marche. L'essentiel, c'est d'être déterminée. » ■

Bibliographie

- J.-Cl. Richoz**, *Gestion de classes et d'élèves difficiles*, Éditions Favre, 3^e édition, 2012.
- C. Halmos**, *L'autorité expliquée aux parents*, Nil Éditions, 2008.
- J. Blin et al.**, *Classes difficiles*, Delagrave Édition, 2001.
- M. Auger et al.**, *Élèves « difficiles ».* *Profs en difficultés*, Édition Chronique sociale, 1995.

La leçon de lecture

« La Leçon » peinte par Pierre-Auguste Renoir en 1906 dégage une impression de calme et de jeu, favorable à l'apprentissage de la lecture.

François Sellal
dirige le Service
de neurologie
à l'Hôpital Pasteur
de Colmar.

Quand Pierre-Auguste Renoir (1841-1919) peint *La Leçon* en 1906, il a déjà produit plusieurs tableaux de leçons tels que *La Leçon de piano* (1889), le plus connu, la série des *Jeunes filles au piano*, et *La Leçon de guitare* (1897). Ce thème de l'apprentissage musical lui a sans doute été inspiré par l'enseignement musical qu'il a suivi auprès du compositeur français Charles Gounod (1818-1893).

Moins connu, ce tableau met en scène Claude, dit Coco, le troisième fils que Renoir a eu d'Aline Charigot. Jean Renoir, le cinéaste, était leur deuxième fils. Claude est né en 1901 et a cinq ans lorsqu'est peinte cette scène d'apprentissage de la lecture. La personne la plus âgée, située à gauche du tableau et à laquelle revient la coordination de cette tâche, est Madame Bielle, l'institutrice.

On devine beaucoup de bienveillance dans son attitude : le bras gauche qui s'appuie sur le dossier de la chaise de Claude enveloppe et soutient délicatement l'enfant ; la main droite, reposée sur le livre, indique la ligne à suivre, sans qu'un index autoritaire n'intime un ordre quelconque ; la bouche entrouverte trahit l'attention portée par l'enseignante à sa tâche : accompagner l'élève dans cette découverte de la lecture.

La pose de l'enfant n'est pas celle d'un petit garçon avide de savoir et concentré. On remarque une certaine nonchalance dans son maintien, la tête appuyée sur la main droite. Pour le

motiver, il faut l'habileté et la douceur persuasive de Madame Bielle, mais aussi l'encouragement et la surveillance de la petite fille un peu plus âgée située à droite. Elle surplombe le livre et son léger sourire lui confère le rôle tutélaire, mais affectueux, de celle qui a déjà vécu cette expérience. Sans doute les hésitations du garçon lui rappellent-elles son propre apprentissage, maintenant maîtrisé, et lui donnent-elles la fierté de savoir lire.

L'envie d'apprendre à lire

Mais on devine aussi chez Coco une envie de se plier au travail requis : il dirige son regard là où porte la main de l'institutrice, et sa main gauche est sur la ligne à lire. Cela indique l'application qu'il accorde au déchiffrement, sans doute hésitant et laborieux.

De la toile, se dégage une impression de calme et de douceur ; probablement les meilleures conditions pour que l'apprentissage se fasse bien... Le secret est de faire passer le travail pour un jeu, d'éviter la contrainte et le stress. C'est ce qu'avaient déjà compris les Romains, qui utilisent le même mot, *ludus*, pour désigner l'école et le jeu. La confusion de ces deux activités n'est-elle pas le meilleur garant de l'acceptabilité et de la réussite de l'apprentissage, tant la tâche est de longue haleine ? C'est ce qu'aurait exprimé Renoir, au crépuscule de sa vie : en rendant ses pinceaux à l'infirmière, il aurait déclaré : « Je crois que je commence à y comprendre quelque chose. » ■

Bibliographie

Jean Renoir,
*Pierre-Auguste Renoir,
mon père*, Folio, 1999.

La Leçon, Pierre-Auguste Renoir (1906)



© The Gallery Collection / Corbis

Test : Êtes-vous motivé ?

Quelle motivation anime votre enfant à l'école ?

Ce questionnaire permet de tester la motivation de l'élève, à l'école, au collège ou au lycée. Ce n'est qu'un exemple illustratif. Lisez chaque série de questions et cochez une seule réponse.

Je travaille en classe parce que je veux apprendre de nouvelles choses :

- 5 ☐ Vrai
- 4 ☐ Plutôt vrai
- 1 ☐ Un peu vrai
- 0 ☐ Faux

J'essaie de bien faire, parce que j'apprends des choses qui m'intéressent :

- 5 ☐ Vrai
- 4 ☐ Plutôt vrai
- 1 ☐ Un peu vrai
- 0 ☐ Faux

J'essaie de bien faire, parce que j'aurais une mauvaise image de moi si je ne le faisais pas :

- 3 ☐ Vrai
- 2 ☐ Plutôt vrai
- 1 ☐ Un peu vrai
- 0 ☐ Faux

J'essaie de bien faire pour que mes professeurs pensent que je suis un(e) bon(ne) élève :

- 3 ☐ Vrai
- 2 ☐ Plutôt vrai
- 1 ☐ Un peu vrai
- 0 ☐ Faux

Je n'arrive pas à savoir à quoi cela sert de travailler en classe :

- 0 ☐ Vrai
- 1 ☐ Plutôt vrai
- 2 ☐ Un peu vrai
- 3 ☐ Faux

Je comprends que certains élèves s'opposent aux professeurs :

- 0 ☐ Vrai
- 1 ☐ Plutôt vrai
- 2 ☐ Un peu vrai
- 3 ☐ Faux

Dès que j'aurai l'âge, je quitterai l'école :

- 0 ☐ Vrai
- 1 ☐ Plutôt vrai
- 2 ☐ Un peu vrai
- 3 ☐ Faux

Faites le total des points correspondant à chaque réponse que vous ou votre enfant avez cochée :

SCORE ENTRE 17 ET 25 : votre enfant est en motivation intrinsèque, il aime découvrir des choses nouvelles et l'école lui fournit cette opportunité. Il fait sans doute ses devoirs avec le même plaisir que lorsqu'il joue, et a probablement de bonnes notes.

SCORE ENTRE 14 ET 17 : votre enfant est plutôt en motivation extrinsèque comme la plupart des enfants. Tout ce qui se fait à l'école ne l'enthousiasme pas, mais il le fait pour vous faire plaisir ou parce qu'il comprend qu'il est nécessaire d'apprendre pour réussir plus tard.

SCORE ENTRE 8 ET 13 : votre enfant n'est pas très motivé, il va à l'école parce que c'est obligatoire ou uniquement pour vous faire plaisir. Avant que votre enfant ne soit complètement démotivé ou se rebelle, essayez de le remotiver en augmentant sa compétence perçue (avec des cours particuliers par exemple) et en lui faisant choisir une activité (ou plusieurs) qui lui plaise.

SCORE ENTRE 0 ET 7 : votre enfant ne se plaît pas à l'école ; soit il se rebelle contre le système, soit il est complètement démotivé. Dès qu'il aura l'âge légal, il voudra quitter le système scolaire qu'il ne juge pas adapté à ses attentes. Essayez de le remotiver (voir comment au score entre 8 et 13) !

**Votre prochain numéro en kiosque
le 9 novembre 2012**

Imprimé en France – Roto Aisne – Dépôt légal août 2012 – N° d'édition 076911-01 – Commission paritaire : 0713 K 83412 – Distribution NIMPP – ISSN 2115-7197 – N° d'imprimeur 12/07/2007 – Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé